Winfried Veitinger

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE INSULINFUNKTION ZU BEGINN DER LAKTATION BEI KÜHEN DER RASSEN HOLSTEIN-FRIESIAN UND DEUTSCHES FLECKVIEH

Diss München
1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544308_0042

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker
und
dem Institut für Tierzucht und Tierhygiene
Lehrstuhl: Prof. Dr. H. Kräußlich
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Angefertigt unter Leitung von Prof. Dr. D. Giesecke

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE INSULINFUNKTION ZU BEGINN DER LAKTATION BEI KÜHEN DER RASSEN HOLSTEIN-FRIESIAN UND DEUTSCHES FLECKVIEH

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Winfried Veitinger

aus

Ehingen/Donau

München 1983

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. G. Terplan

Referent: Prof. Dr. D. Giesecke

Korreferent: Prof. Dr. A. Petter

Tag der Promotion: 29. Juli 1983

DISSERTATIONS UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2 Gabelsbergerstraße 15 Tel 2809090

Die Arbeit wurde aus Mitteln der
H. WILHELM SCHAUMANN-STIFTUNG
unterstützt

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
1.1.	Allgemeine Voraussetzungen	1
1.2.	Laktationsstoffwechsel und Insulinfunktion	2
1.3.	Problemstellung	4
2.	MATERIAL UND METHODEN	7
2.1.	Versuchstiere, Haltung und Fütterung	7
2.2.	Zeitlicher Versuchsablauf	9
2.3.	Intravenöser Glucosetoleranztest (IVGTT)	9
2.4.	Probengewinnung und Konservierung	10
2.5.	Analytische Methoden	10
2.6.	Statistische Methoden	11
3.	ERGEBNISSE	12
3.1.	Glucosegehalt im Plasma von HF- und DF-Kühen zu Beginn der Laktation	12
3.2.	3-Hydroxybutyrat und Acetoacetat im Plasma von HF- und DF-Kühen	15
3.2.1.	3-Hydroxybutyrat	15
3.2.2.	Acetoacetat	20
3.3.	Insulinspiegel im Plasma von HF- und DF-Kühen	22
3.4.	Glucose-Toleranztest	27
3.5.	Glucosebelastung und Insulinantwort	32
3.5.1.	Verlauf der Insulinantwort nach Glucosebelastung	32
3.5.2.	Beziehungen zwischen Glucose- und Insulinkonzentration nach Glucosebelastung	38
3.6.	Vergleich und Beziehung ausgewählter Parameter	42
3.6.1.	Vergleich der Mittelwerte a.p. und p.p. bei HF-Kühen und DF-Kühen	42
3.6.2.	Vergleich der Mittelwerte von HF- und DF-Kühen a.p. und p.p.	42

		Seite
3.6.3.	Beziehungen zwischen Stoffwechselparametern	45
3.7.	Beziehung zwischen dem Insulinspiegel im Plasma und der Milchleistung	47
4.	DISKUSSION	48
5.	ZUSAMMENFASSUNG	53
	SUMMARY	55
6.	LITERATURVERZEICHNIS	57

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

1.1. Allgemeine Voraussetzungen

In den letzten 2 Jahrzehnten ist eine stetige Steigerung der Milchleistung zu verzeichnen. Wie das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1962 bzw. 1981) angibt, stieg der Jahresmilchertrag je Kuh von 3406 kg 1960/61 auf 4552 kg im Jahr 1980. In den USA und in Israel sind bei Holstein-Friesian-Kühen sogar "Durchschnittsleistungen großer Herden von 8000 - 9000 kg pro Jahr keine seltene Ausnahme mehr" (KRÄUßLICH, 1981). Offensichtlich haben die besonderen ökonomischen Gegebenheiten in den westlichen Ländern die Voraussetzungen dafür geschaffen, daß wissenschaftliche Fortschritte in der Züchtung, Ernährung und Haltung der Milchrinder rasch und erfolgreich in die Praxis umgesetzt werden. In energiewirtschaftlicher Hinsicht ist diese Entwicklung zu begrüßen - von Überschußproblemen mit ihren komplexen agrarpolitischen Ursachen ist in diesem Zusammenhang abzusehen - weil kaum ein anderes tierisches Eiweiß mit so hohem Wirkungsgrad erzeugt werden kann wie das Milchprotein und das vor allem bei hohem Leistungsniveau (BLAXTER, 1977).

Für die Milchkuh ergeben sich allerdings aus der Züchtung auf hohe Milchleistung beachtenswerte Konsequenzen hinsichtlich der stoffwechselphysiologischen Beanspruchung. Denn während die Rinder auf Grund ihrer besonderen verdauungsphysiologischen Anlagen über Jahrtausende und noch bis in unser Jahrhundert hinein als "absolute Rauhfutterverwerter" gezüchtet wurden, können unsere heutigen Milchkühe ihren Energiebedarf mit Rauhfutter nicht decken:

"Cows with a high genetic potential of performance therefore require a large proportion of easily digestible carbohydrates (starch products) in their feed. Thus by covering the increasing nutrient requirements of cows bred for high performance the physiological advantages of rumen di-

gestion will finally be lost" (GIESECKE u. STANGASSINGER, 1982).
"The use of high amounts of concentrates is necessary in spite of the fact that the evolutionary system means that high quality carbohydrates and proteins are utilized less efficient due to fermentation in the rumen. In addition, the high amounts of concentrates may lead to metabolic disorders resulting in low fat content of milk, reduced feed intake, digestive disturbances and less ability to mobilize body reserves" (SEJRSEN u. NEIMANN-SØRENSEN, 1982).
Diese beiden wörtlichen Zitate belegen in Kürze die Situation, welche die letztgenannten Autoren treffend als "the dilemma of the high yielding cow" bezeichnet haben. Dieses "Dilemma" bleibt im Einzelfall so lange verborgen, wie die Stoffwechselbelastungen durch regulatorische Maßnahmen des Organismus kompensiert werden können.

1.2. Laktationsstoffwechsel und Insulinfunktion

Seit KRONFELD et al. (1963) zeigten, daß die Injektion von Insulin bei laktierenden Kühen die Milchleistung vermindert, wurde eine reziproke Beziehung zwischen dem Insulinspiegel im Plasma und der Milchmenge wiederholt beobachtet und teils hoch gesichert (WALSH et al., 1980). Dies erscheint naheliegend, weil die Aufnahme von Glucose durch die Milchdrüse maßgeblich die Milchmenge bestimmt (ROOK, 1979; KRONFELD, 1982), Insulin aber die Aufnahme von Glucose in die insulinabhängigen Gewebe wie Muskulatur und Fettgewebe fördert (BASSETT, 1978).
Demgegenüber steigert vor allem das Wachstumshormon (BINES et al., 1980) die Milchsekretion, wobei mittels Injektionen zumindest kurzfristig Zunahmen von über 30 % erzielt werden (FRONK et al., 1981). Wechselwirkungen des energieanabolen Insulins und des energiekatabolen Wachstumshormons kommen somit in der Milchproduktion voll zum Tragen.

Bei dieser vereinfachten Darstellung ist nicht zu überse-

hen, daß den beiden Hormonen noch andere Funktionen zukommen und außerdem auch weitere Hormone auf die Milchleistung Einfluß nehmen (BASSETT, 1978; HART et al., 1979; WALSH et al., 1980), aber die vorgenannten scheinen die maßgeblichen Gegenspieler zu sein. In dieser Hinsicht könnte die Selektion auf hohe Milchleistung die Züchtung von Kühen mit herabgesetzter Insulinsekretion also letztlich einen latenten Diabetes mellitus begünstigen, der nur deshalb nicht zu hyperglykämischen Erscheinungen führt, weil die Plasmaglucose verstärkt von der Milchdrüse abgezogen wird (GIESECKE, 1981). Diabetesartige Folgen wie gesteigerte Lipolyse mit einer starken Zunahme der Freien Fettsäuren und erhöhte Ketogeneserate konnten bei Kühen mit hoher Milchleistung wiederholt festgestellt und teils mit erniedrigten Insulinspiegeln und erhöhten Spiegeln von Wachstumshormon in Beziehung gesetzt werden (HART et al., 1978; BAUMANN u. CURRIE, 1980; GIESECKE u. STANGASSINGER, 1982). Eine gesteigerte Fettmobilisation zu Beginn der Laktation stellt sich als Folge einer energiedefizitären Stoffwechsellage ein, die auch von Begrenzungen des Futterverzehrs durch Pansenmetabolite und durch hormonale Einflüsse (FORBES, 1980) mitverursacht wird und deren klinisches Bild als Lipomobilisationssyndrom eingehend beschrieben wurde (STÖBER u. DIRKSEN, 1982).

1.3. Problemstellung

Aufgrund früherer Ergebnisse hat BASSETT (1978) betont, daß trotz der Bedeutung anderer Energiequellen im Stoffwechsel der Wiederkäuer die hormonale Regulation des Glucosestoffwechsels eine zentrale Stellung einnimmt. Die starken Stoffwechselentgleisungen, die nach Inaktivierung der B-Zellen bei Zwergziegen auftraten (STANGASSINGER et al., 1982), unterstreichen diese Feststellung.
"Insulin determines glucose turnover, but plasma glucose concentration plays little part in regulating the insulin secretory response to ingested nutrients" (BASSETT, 1978). Tatsächlich scheint die Regulation der Insulinsekretion bei Wiederkäuern bisher ungeklärt. Angaben über Insulinspiegel vor und nach dem Beginn der Laktation wie sie beispielhaft zusammen mit den Konzentrationen von Glucose und Ketonkörpern als insulinabhängige Metabolite in Tabelle 1 wiedergegeben sind, deuten auf Unterschiede selbst bei Milchrassen hin.

Aus grundsätzlichen Erwägungen geben Insulinspiegel nicht unbedingt Aufschluß über die Insulinwirksamkeit, weil diese außerdem von den Insulinrezeptoren der Zellen in den verschiedenen Organen abhängt. Der eigenen Arbeit wurde darum zum Ziel gesetzt, bei Kühen aus zwei verschiedenen Rassen in dem Zeitraum von 3 - 4 Wochen vor bis zu 6 Wochen nach dem Kalben die Insulinspiegel im Blutplasma zusammen mit den Konzentrationen von Glucose und 3-Hydroxybutyrat zu bestimmen und zusätzlich Glucosebelastungsversuche in Form eines intravenösen Glucosetoleranztestes durchzuführen. Damit sollte einmal geprüft werden, ob dieser auch in größerem Umfang durchzuführende Test in Beziehung zum Insulinspiegel steht. Zum anderen sollte an einzelnen ausgewählten Tieren auch die Insulinkonzentration nach der Glucosebelastung verfolgt werden, um anhand dieser provozierten Insulinantwort ein Bild von der Insulinverfügbarkeit zu erhalten.

Tabelle 1

Einflüsse der Rasse und des Laktationsstadiums von Milchkühen auf die Konzentrationen von Insulin, Glucose und Ketonkörpern im Blutplasma[1)]

Rasse Zahl (n)	Laktations- Stadium	Insulin µU/ml	Glucose mmol/l	3-HB(+AcAc)[2)] mmol/l	Autoren
Friesian (8)	a.p. frühe L.	16 8	4.18 3.55	0.8 - 1.2 1.0 - 1.4	HART et al. (1978)
Friesian (2)	späte L.	12	3.57	0.75	BINES et al. (1980)
Holstein- Friesian (20)	10 - 2 d a.p. 1 - 9 d p.p.	10 10	3.14 2.93	0.4 - 0.6 0.7 - 1.0	ATHANASIOU u. PHILLIPS (1978)
Jersey (4)	21 - 0 d a.p. 0 -21 d p.p.	46 36	3.45 3.45		BLUM et al. (1973)
Schweizer Braunvieh (8)[3)]	70 - 5 d a.p. 5 -60 d p.p.	7 7	2.56 2.56	0.54 0.92	KUNZ (1982)

1) es wurden nur Versuchsgruppen mit normaler, leistungsgerechter Fütterung berücksichtigt.

2) neben 3-Hydroxybutyrat wurde Acetoacetat nur teilweise erfaßt (meist 10 % von 3-HB)

3) gemischte Gruppe aus Schw. Braunvieh und Kreuzungen Schw. Braunvieh x Brown Swiss.

Um rassebedingte Leistungsunterschiede zu gewährleisten, wurden die Untersuchungen an Holstein-Friesian-Kühen des Lehr- und Versuchsgutes der Tierärztlichen Fakultät und an Kühen der Rasse Deutsches Fleckvieh auf dem Staatsgut Achselschwang durchgeführt. In beiden Betrieben bestand sehr ähnliche Fütterung.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Versuchstiere, Haltung und Fütterung

Die Versuche wurden auf dem Lehr- und Versuchsgut in Oberschleißheim an Kühen der Rasse Holstein Friesian (HF) und am Staatlichen Versuchsgut in Achselschwang an Kühen der Rasse Deutsches Fleckvieh (DF) durchgeführt. Angaben über die Tiere sind in Tabelle 2 verzeichnet.

Bei den HF-Kühen standen 12 trächtige und eine nicht trächtige, trockenstehende Kuh zur Verfügung. Es handelte sich dabei um 8 Kühe in der 2. Laktation und um 4 Kühe in der 3. Laktation. Die Herde wurde in einem Mehrraumlaufstall mit Laufhof gehalten. Im Untersuchungszeitraum erhielten die Tiere Heu- und Maissilage zur freien Aufnahme und außerdem im Wartestand vor dem Melken pro 2.2 kg Milch, die über 15 kg Milch hinaus erbracht wurden, 1 kg Milchleistungsfutter. Gemolken wurden die Kühe zwischen 4.00 - 6.00 Uhr morgens und 16.00 - 18.00 Uhr abends.
Die Versuchsperiode dauerte 19 Wochen.

Bei den DF-Kühen standen 8 trächtige und eine nicht trächtige, trockenstehende Kuh zur Verfügung. Von den trächtigen Kühen befanden sich 5 Kühe in der 4. Laktation und 3 Kühe in der 5. Laktation. Die Tiere wurden ebenfalls in einem Laufstall gehalten. Die Fütterung bestand aus Heu und Mais/Grassilage (Verhältnis 2 : 1) ad libitum. Zusätzlich erhielten die Tiere je 2.2 kg Milch, die über 12 kg mehr erbracht wurde, 1 kg Milchleistungsfutter verabreicht. Gemolken wurden die Tiere von 4.30 - 7.30 und von 16.30 - 17.00 Uhr.
Die Versuchsperiode dauerte ebenfalls 19 Wochen.

Tabelle 2

Verzeichnis der Kühe

Kuh Nr.	Rasse	Nummer/ Name	Laktation	Vorjahresleistung[1] (305 Tage)			100-Tageleistung[2]
				Milch (kg)	Fett (%)	Eiweiß (%)	FCM[3]
1	HF[4]	760	3	5571	3.72	3.51	2943
2	HF	798	2	6011	3.26	3.33	—
3	HF	799	2	5967	4.45	3.52	2808
4	HF	806	2	4734	3.84	3.51	3345
5	HF	803	2	5389	4.25	3.41	2977
6	HF	800	2	6830	3.87	3.38	3843
7	HF	804	2	6001	3.71	3.13	2779
8	HF	758	3	8489	3.55	3.34	3470
9	HF	801	2	6190	4.46	3.28	2581
10	HF	808	2	6429	3.95	3.08	2662
11	HF	757	3	7263	3.83	3.27	3009
12	HF	773	3	7220	3.62	3.48	3361
			$\bar{x}$	6341			$\bar{x}$ 3071
			±SD	998			±SD 388
13	DF[5]	Ballina	4	7518	4.30	3.76	2267
14	DF	Hanni	5	5954	3.82	3.54	2100
15	DF	Zirbe	4	3647	3.74	3.20	2753
16	DF	Halda	4	5336	3.82	3.65	2027
17	DF	Vivi	5	6422	3.87	3.29	2793
18	DF	Salve	5	6659	3.73	3.64	1708
19	DF	Premel	4	7558	3.81	3.50	2613
20	DF	Zilli	4	5686	4.08	3.56	2210
			$\bar{x}$	6098			$\bar{x}$ 2309
			±SD	1273			±SD 382

1) Jahreslaktationsleistung berechnet auf 305 Tage
2) 100-Tageleistung im Versuchszeitraum
3) FCM = 4 % Fett korrigierte Milch
4) HF = Holstein Friesian
5) DF = Deutsch Fleckvieh

2.2 Zeitlicher Versuchsablauf

Zur Entnahme von Blutproben und zur Durchführung des Glucosetoleranztestes wurden die Tiere nach dem Melken ausgebunden und erhielten bis zum Versuchsende kein Futter mehr vorgelegt.
Ante partum (a.p.) erfolgte die Blutprobenentnahme 3 Wochen bzw. 1 Woche vor dem errechneten Kalbetermin. Da dieser nicht immer mit dem tatsächlichen Kalbetermin übereinstimmte, ergaben sich unterschiedliche Zeitintervalle. Bei längerer Verzögerung der Kalbung wurde bei den DF-Kühen eine weitere Blutprobe entnommen. Post partum (p.p.) wurden Blutproben jeweils nach 1, 2, 3, 4 und 6 Wochen gewonnen. Die Probenentnahme erfolgte in Oberschleißheim jeweils um 9.00 Uhr und in Achselschwang um 8.30 Uhr.

2.3. Intravenöser Glucosetoleranztest (IVGTT)

Ebenfalls 3 Wochen bzw. 1 Woche vor dem errechneten Kalbetermin wurde ein intravenöser Glucosetoleranztest durchgeführt. Bei Verzögerung der Geburt wurde auch hier ein weiterer Test durchgeführt. Nach dem Kalben wurden 2 bzw. 6 Wochen später ein IVGTT durchgeführt.
Dabei wurde den Tieren 1g Glucose / kg Körpergewicht$^{0.75}$ in Form einer 40 %igen Glucoselösung (Boehringer, Mannheim) intravenös verabreicht. Anschließende Blutprobenentnahmen erfolgten nach 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 45, 50, 55 und 60 Minuten.
Zur Berechnung der Eliminationsgeschwindigkeit der exogen zugeführten Glucose wurde die Geschwindigkeitskonstante (k) und die Halbwertszeit ($T_{1/2}$) der Normalisierung des überhöhten Plasmaglucosespiegels herangezogen. Die Berechnung erfolgte nach folgender Formel (KANEKO, 1980):

$$k\ (min^{-1}) = \frac{1}{\Delta t} \cdot 2.303\ (\Delta \log y)$$

$$T_{1/2}\ (min) = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k}$$

2.4. Probengewinnung und Konservierung

Die Gewinnung der Blutproben erfolgte durch Punktion der Vena jugularis mittels Braunüle (Fa. Braun, Melsungen) und Verlängerungskatheter (Fa. Vygon, Aachen).
Das Blut wurde mit heparinisierten Monovetten (Sarstedt, Nümbrecht) vorsichtig aspiriert. Bei Entnahme von mehreren aufeinanderfolgenden Proben (IVGTT), wurde während der Pausen die Braunüle und der Katheter mit einem Gerinnungshemmer (3.5 % Na-citrat, Fa. Fresenius) versehen und bei der folgenden Blutentnahme der erste Teil (ca. 1 ml) des Aspirats verworfen.
Nach der Entnahme wurden die Proben sofort in ein Eisbad gestellt und ins Labor transportiert. Die Dauer des Probentransports lag zwischen 20 Minuten und einer Stunde. Die Bestimmung der Glucose im Plasma erfolgte noch an dem selben Tag, die anderen Proben wurden zentrifugiert und das Plasma bei - 18°C eingefroren.

2.5 Analytische Methoden

Die Glucose-Konzentration wurde mit der GOD-Perid-Testkombination (Boehringer, Mannheim) nach Anleitung bestimmt.

Die Bestimmung von 3-Hydroxybutyrat erfolgte nach der Methode von WILLIAMSON und Mitarbeiter (1962) mit geringfügigen Änderungen (PERUCHE, 1981).

Acetoacetat wurde entsprechend den Angaben von MELLANBY u. WILLIAMSON (1962) durchgeführt.

Insulin im Plasma wurde als immunreaktives Insulin (IRI) mittels Radioimmunassay (INSIK 3, Isotopendienst West, Dreieich bei Frankfurt/Main) bestimmt (Literaturhinweise: YALOW u. BERSON, 1971; STARR u. RUBENSTEIN, 1974).

2.6 Statistische Methoden

Die Meßergebnisse für Glucose und Ketonkörper sowie Insulin wurden als Mittelwerte von Doppelbestimmungen angegeben. Außerdem wurden Mittelwerte für einzelne Versuchsabschnitte (a.p., p.p.) und Tiere berechnet und mit dem Wilcoxon-Test für Paardifferenzen verglichen (SACHS, 1972).
Zum Rassenvergleich der Mittelwerte verschiedener Parameter (Glucose, 3-HB, Insulin, a.p. und p.p.) diente der Mann-Whitney-Test (SACHS, 1972).
Die statistischen Berechnungen erfolgten am Leibniz-Rechenzentrum.*

---

* Für die Durchführung wird Herrn Prof. Dr. Osterkorn, Institut für Tierzucht, München, gedankt.

3. ERGEBNISSE

Die Probenentnahmen wurden nach dem eingangs erwähnten Zeitplan durchgeführt. Auf die Werte ante partum ist nur kurz einzugehen. Sie werden hauptsächlich als Bezug für den Verlauf herangezogen. Wegen der zeitlichen Verschiebung der Probenahmen bei den beiden Rassen, sind dafür die ca. 3 Wochen vor dem Kalben gewonnenen Proben am besten geeignet, weil sie zeitlich gut beieinander liegen: Bei den HF-Kühen bei durchschnittlich 24 $\pm$ 6 Tagen und bei den DF-Kühen bei durchschnittlich 20 $\pm$ 6 Tagen a.p..

3.1. Glucosegehalt im Plasma von HF- und DF-Kühen zu Beginn der Laktation

Die Ergebnisse der Glucosebestimmung im Plasma sind in Tabelle 3 und die Mittelwerte zur Kennzeichnung des zeitlichen Verlaufs in Abbildung 1 wiedergegeben.
Bei den HF-Kühen blieb der Glucosespiegel vor der Kalbung zwischen 3.80 und 3.89 mmol/l, sank dann nach der Geburt stufenweise bis auf 3.11 mmol/l 26 Tage p.p. und stieg schließlich 41 Tage p.p. auf 3.56 mmol/l an.
Der Glucosegehalt im Plasma der DF-Kühe nahm einen etwas anderen Verlauf. Ante partum lagen die Werte in der Tendenz (4.07 mmol/l) jedoch nicht signifikant höher, als die der HF-Kühe. Post partum sank dann der Glucosespiegel auf 3.97 mmol/l und 12 Tage post partum auf 3.87 mmol/l. Trotzdem lag der Glucosespiegel der DF-Kühe zu dieser Zeit signifikant höher als bei den HF-Tieren. Dieser Unterschied verstärkte sich noch bis 26 Tage p.p. und entsprach zu diesem Zeitpunkt einem um rund 37 % höheren Glucosegehalt im Plasma der DF-Kühe. Bereits 6 Wochen p.p. hatten die Werte beider Rassen aber ihren Stand 3 Wochen a. p. noch nicht wiedererlangt (siehe auch 3.6.2.).

Tabelle 3

Glucosegehalt im Plasma von HF- und DF-Kühen

Zeit $\bar{x} \pm s$	HF-Kühe $\bar{x} \pm s$ (n)	DF-Kühe $\bar{x} \pm s$ (n)	Signifikanz d.Differenz p=
Tage a.p.	mmol/l Plasma		
38 ± 5	---	3.77 ± 0.38 (6)	
24 ± 6	3.80 ± 0.52 (12)	---	n.s.
20 ± 6	---	3.97 ± 0.29 (8)	
12 ± 6	3.89 ± 0.63 (12)	---	
4 ± 2	---	4.07 ± 0.34 (8)	
Tage p.p.			
6 ± 1	3.49 ± 0.56 (11)	3.97 ± 0.40 (8)	n.s.
12 ± 2	3.29 ± 0.35 (11)	3.87 ± 0.68 (8)	0.027
19 ± 2	3.31 ± 0.59 (12)	4.10 ± 0.29 (8)	0.003
26 ± 2	3.11 ± 0.37 (12)	4.27 ± 0.48 (8)	0.001
41 ± 3	3.56 ± 0.46 (12)	3.67 ± 0.41 (8)	n.s.

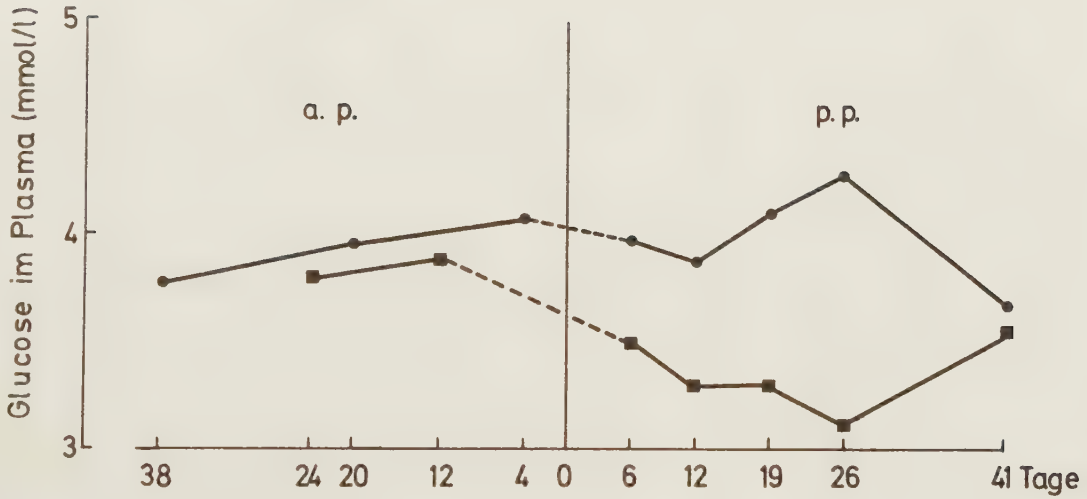

Abbildung 1: Verlauf des Glucosegehaltes im Plasma von HF (■)- und DF (●)-Kühen (vgl. Tab.3)

3.2. 3-Hydroxybutyrat und Acetoacetat im Plasma von HF- und DF-Kühen

3.2.1. 3-Hydroxybutyrat

3-Hydroxybutyrat gilt als wichtiges, gut lösliches Energiesubstrat für viele Organe (Herz, Skelettmuskel, Niere u.a.) und entsteht wohl zum größten Teil bei der ruminalen Ketogenese. Höhere Konzentrationen bedingen eine Ketoacidose und sind daher unerwünscht. In dieser Untersuchung wird 3-Hydroxybutyrat (vgl. Tab. 4 u. Abb. 2) erheblich größere Bedeutung beigemessen als dem anderen Ketonkörper Acetoacetat (vgl. Tab. 5), der auch in viel geringeren Konzentrationen auftrat.
Ante partum lagen die Durchschnittswerte des 3-Hydroxybutyrats im Plasma der HF-Kühe bei 0.32 mmol/l und stiegen erst nach dem Kalben auf rund 2 1/2fache Werte an, die von 12 - 41 Tagen p.p. weitgehend konstant blieben. Der 3-Hydroxybutyratgehalt im Plasma der DF-Kühe lag vor dem Kalben signifikant höher als bei den HF-Kühen und veränderte sich danach nur wenig (siehe auch 3.6.2.).
In Abbildung 3 und 4 sind individuelle Verlaufsformen von 3-Hydroxybutyrat bei einzelnen HF- und DF-Kühen herausgegriffen, um über die Streuung in der Tabelle hinaus, die Eigenart einzelner Tiere deutlich hervorzuheben.
Wir sehen daraus bei der HF-Kuh Nr. 2 einen kontinuierlichen Anstieg des 3-Hydroxybutyratspiegels von der Geburt an bis zum Versuchsende 41 Tage p.p., der dort bei 1.2 mmol/l lag. HF-Kuh Nr. 12 hatte auch einen sehr steilen Anstieg des 3-Hydroxybutyratgehalts, erreichte jedoch schon 12 Tage p.p. den Maximalwert von 1.28 mmol/l und fiel dann bis zum Versuchsende 41 Tage p.p. auf 0.44 mmol/l ab.

Tabelle 4

3-Hydroxybutyrat im Plasma von HF- und DF-Kühen

Zeit $\bar{x} \pm s$	HF-Kühe $\bar{x} \pm s$ (n)	DF-Kühe $\bar{x} \pm s$ (n)	Signifikanz d.Differenz p=
Tage a.p.	mmol/l Plasma		
38 ± 5	---	0.53 ± 0.18 (6)	
24 ± 6	0.32 ± 0.10 (12)	---	<0.001
20 ± 6	---	0.55 ± 0.11 (8)	
12 ± 6	0.34 ± 0.84 (12)	---	
4 ± 2	---	0.66 ± 0.27 (8)	
Tage p.p.			
6 ± 1	0.58 ± 0.24 (11)	0.71 ± 0.26 (8)	n.s.
12 ± 2	0.81 ± 0.50 (11)	0.62 ± 0.18 (8)	n.s.
19 ± 2	0.88 ± 0.37 (12)	0.67 ± 0.25 (8)	n.s.
26 ± 2	0.83 ± 0.36 (12)	0.43 ± 0.22 (8)	0.013
41 ± 3	0.74 ± 0.27 (12)	0.58 ± 0.13 (8)	n.s.

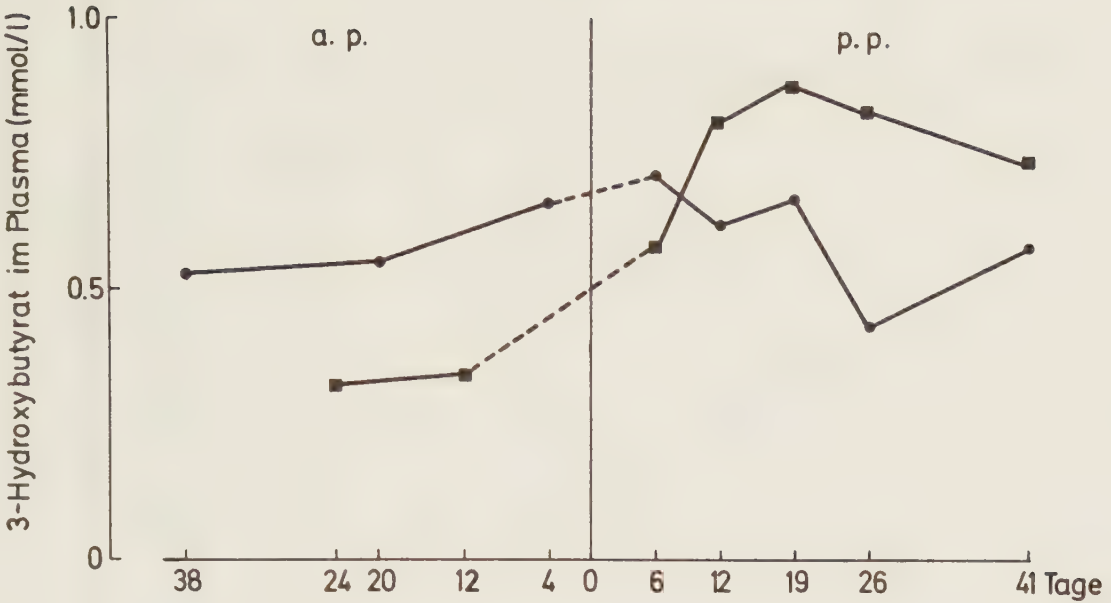

Abbildung 2: Verlauf des 3-Hydroxybutyratgehalts im Plasma von HF (■)- und DF (●)-Kühen (vgl. Tab.4)

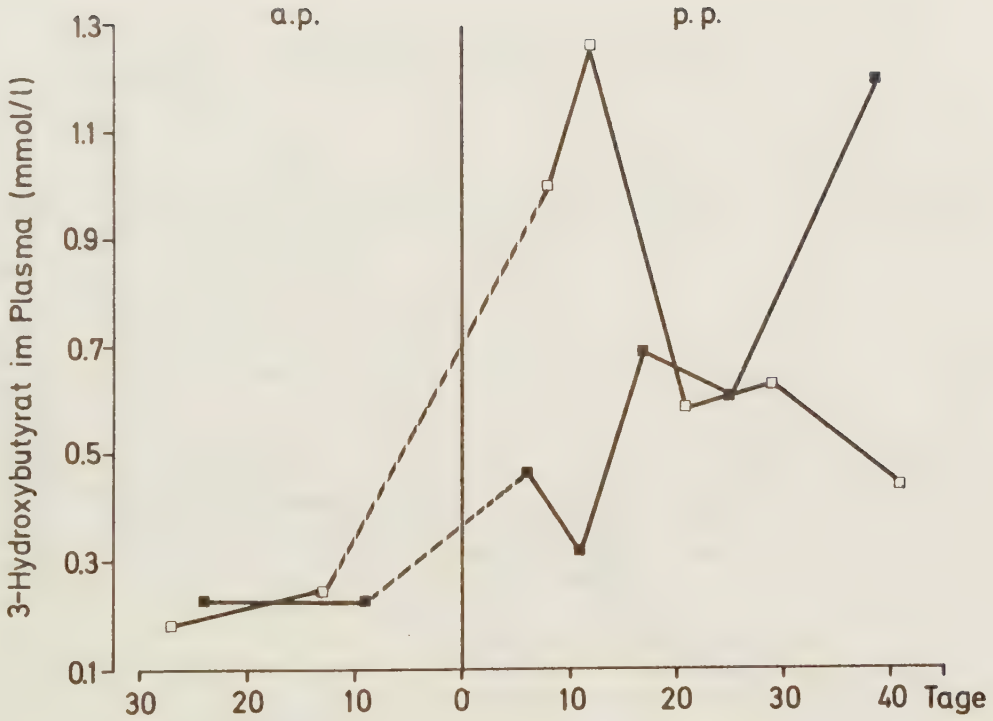

Abbildung 3: Individueller Verlauf des 3-Hydroxybutyratgehalts im Plasma von HF-Kühen Nr. 2 (■) und Nr. 12 (□)

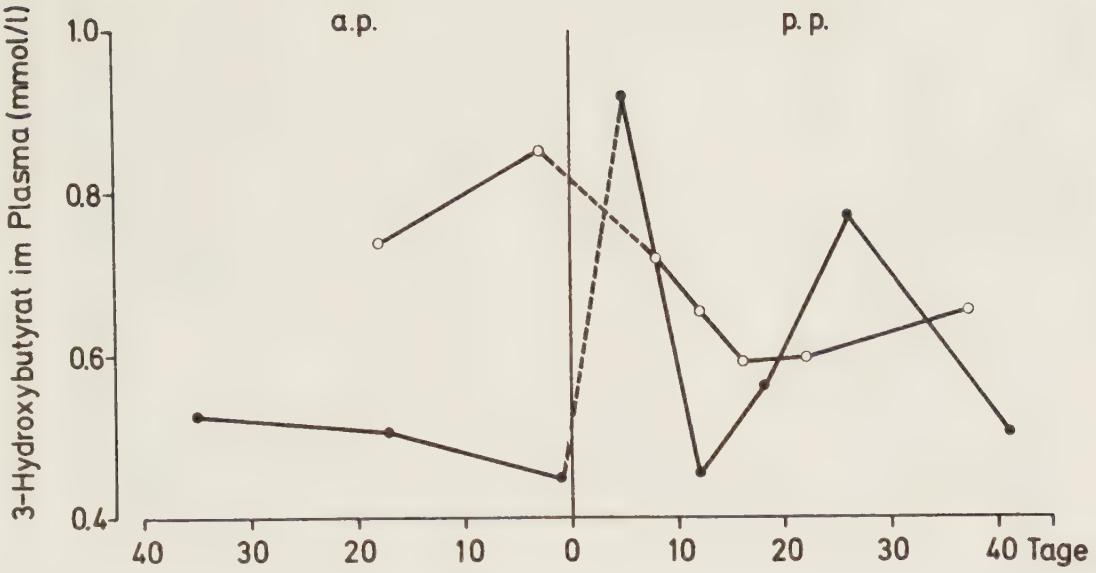

Abbildung 4: Individueller Verlauf des 3-Hydroxybutyratgehalts im Plasma von DF-Kühen Nr. 13 (○) und Nr. 17 (●)

DF-Kuh Nr. 13 hatte schon vor der Geburt einen relativ hohen 3-Hydroxybutyratspiegel, der 18 Tage a.p. 0.74 mmol/l betrug und 3 Tage a.p. noch auf 0.85 mmol/l stieg. Post partum jedoch sank der 3-Hydroxybutyratgehalt auf 0.72 mmol/l (8 Tage), 0.66 mmol/l (12 Tage) und 0.66 bis 0.59 mmol/l (29 - 41 Tage). DF-Kuh Nr. 17 ähnelt in ihrem 3-Hydroxybutyratgehalt a.p. den anderen Fleckviehkühen mit 0.53 bis 0.45 mmol/l. Nach der Geburt zeigte der 3-Hydroxybutyratgehalt einen 2-gipfeligen Kurvenverlauf mit Maxima bei 5 Tagen und bei 26 Tagen. Diese Beispiele unterstreichen die sehr beachtenswerte Individualität der einzelnen Tiere.

3.2.2. Acetoacetat

Die Acetoacetatkonzentrationen im Plasma von HF- und DF-Kühen sind in Tabelle 5 aufgeführt. Gegenüber 3-Hydroxybutyrat ist Acetoacetat besonders für die hepatische Ketogenese charakteristisch und gilt als weitaus weniger verträglich als 3-Hydroxybutyrat.
24 Tage a.p. lag der Acetoacetatgehalt der HF-Kühe bei 0.035 mmol/l. Von der Geburt an war ein deutlicher Anstieg bis zum Versuchsende zu verzeichnen und zwar von 6 Tage p.p. mit 0.038 mmol/l bis 41 Tage p.p. mit 0.115 mmol/l. Das entspricht annähernd dem 3 1/2fachen der Werte a.p..
Der Acetoacetatgehalt im Plasma der DF-Kühe lag vor und nach der Geburt nur etwa halb so hoch wie bei HF-Kühen. Somit war der steile Anstieg des Acetoacetatspiegels von der Geburt bis zum Versuchsende 41 Tage p.p. nur bei den HF-Kühen deutlich zu sehen. Ein Vergleich mit den Werten für 3-Hydroxybutyrat in Tabelle 2 macht deutlich, daß diese beiden häufig addierten Ketonkörper unterschiedlich zu beurteilen sind.

Tabelle 5

Acetoacetatgehalt im Plasma von HF- und DF-Kühen

Zeit $\bar{x} + s$	HF-Kühe $\bar{x} + s$ (n)	DF-Kühe $\bar{x} + s$ (n)	Signifikanz d.Differenz p=
Tage a.p.	mmol/l Plasma		
38 ± 5	---	0.016 ± 0.009 (6)	
24 ± 6	0.035 ± 0.005 (12)	---	<0.05
20 ± 6	---	0.017 ± 0.004 (8)	<0.05
12 ± 6	0.032 ± 0.005	0.026 ± 0.015 (8)	
4 ± 2	---	0.032 ± 0.024	
Tage p.p.			
6 ± 1	0.038 ± 0.019 (11)	0.025 ± 0.013 (8)	n.s.
12 ± 2	0.068 ± 0.047 (11)	0.026 ± 0.015 (8)	0.01
19 ± 2	0.063 ± 0.050 (12)	0.031 ± 0.026 (8)	n.s.
26 ± 2	0.074 ± 0.086 (12)	0.042 ± 0.051 (8)	n.s.
41 ± 3	0.115 ± 0.208 (12)	0.031 ± 0.014 (8)	n.s.

3.3 Insulinspiegel im Plasma von HF- und DF-Kühen

Die Messungen des Insulingehalts im Plasma sind in Tabelle 6 zusammengefaßt. Abbildung 5 gibt den gemittelten zeitlichen Verlauf wieder. Der Plasma-Insulinspiegel der HF-Kühe betrug 24 Tage a.p. 19.54 µU/ml. Er erniedrigte sich 12 Tage a.p. auf 59 % und bis 41 Tage p.p. auf durchschnittlich 31 % dieses Wertes.
Der Insulinspiegel der DF-Kühe lag in der Vergleichszeit rund 3 Wochen a.p. mit 24.54 µU/ml auf etwas höherem Niveau. Er fiel 4 Tage a.p. auf 76 % und 6 - 4 Tage p.p. auf durchschnittlich 50 % dieses Wertes.
Im Vergleich der beiden Rassen lagen die Insulindurchschnittswerte im Plasma bei den DF-Kühen durchwegs höher. Ebenso fiel auf, daß ein gleichmäßiger, wenngleich geringer Anstieg des Insulingehalts von der Geburt an bis zum Versuchsende nur bei den DF-Kühen zu finden war. Die HF-Kühe zeigten ihre niedrigsten Insulinwerte ca. 2 Wochen und 4 Wochen p.p..
Nach der statistischen Untersuchung war die Differenz des Insulingehalts der beiden Rassen 12, 26 und 41 Tage p.p. signifikant verschieden. Offenbar wurde 6 und 19 Tage p.p. wegen der stark erhöhten Streuung bei den HF-Kühen keine Signifikanz erreicht.
In den Abbildungen 6 und 7 sind Beispiele individueller Verlaufsformen des Insulingehalts im Plasma einzelner HF- und DF-Kühe dargestellt, um über die Streuung hinaus die Eigenart einzelner Tiere hervorzuheben. Die in Tabelle 6 besonders bei den HF-Kühen durchweg beachtlichen, teils 100 % übersteigenden Streuungen finden hier eine teilweise Erklärung.

Tabelle 6

Insulingehalt im Plasma von HF- und DF-Kühen

Zeit $\bar{x} \pm s$	HF-Kühe $\bar{x} \pm s$ (n)	DF-Kühe $\bar{x} \pm s$ (n)	Signifikanz d.Differenz p=
Tage a.p.	µ U/ml Plasma		
38 ± 5	---	25.97 ± 8.42 (6)	
24 ± 6	19.54 ± 18.36 (12)	---	n.s.
20 ± 6	---	24.54 ± 17.94 (8)	
12 ± 6	11.50 ± 5.55 (12)	---	
4 ± 2	---	18.59 ± 7.76 (8)	
Tage p.p.			
6 ± 1	6.49 ± 8.10 (10)	9.93 ± 5.70 (8)	n.s.
12 ± 2	4.99 ± 4.20 (11)	10.50 ± 3.43 (8)	0.007
19 ± 2	7.67 ± 8.93 (12)	12.05 ± 4.98 (8)	n.s.
26 ± 2	4.91 ± 2.51 (11)	13.36 ± 6.35 (8)	<0.001
41 ± 3	6.12 ± 4.46 (10)	15.10 ± 5.61 (8)	0.002

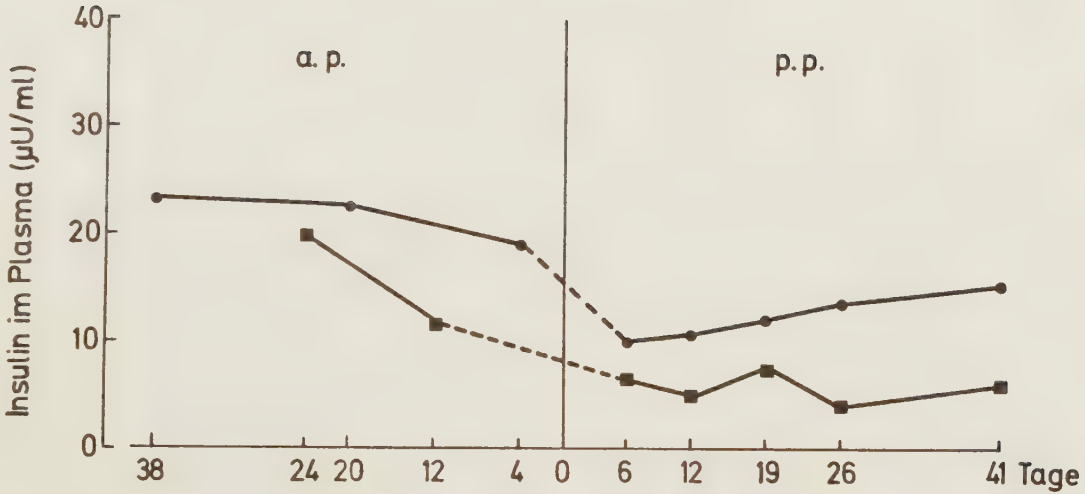

Abbildung 5: Verlauf der Insulinspiegel im Plasma von HF (■)- und DF (●)-Kühen (vgl. Tab. 6)

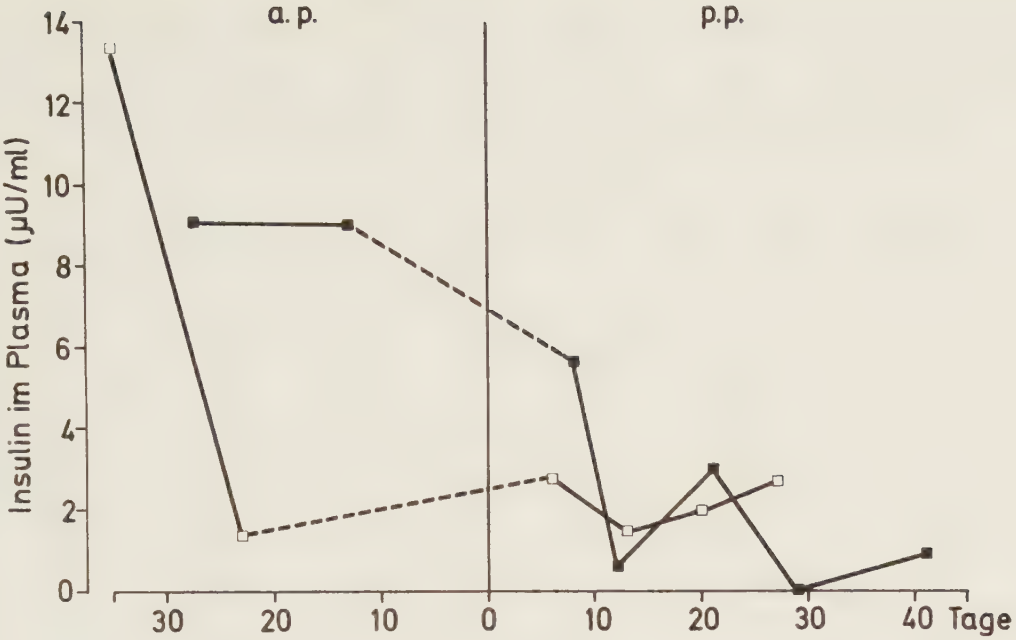

Abbildung 6: Individueller Verlauf der Insulinspiegel bei HF-Kühen Nr. 4 (□) und Nr. 12 (■)

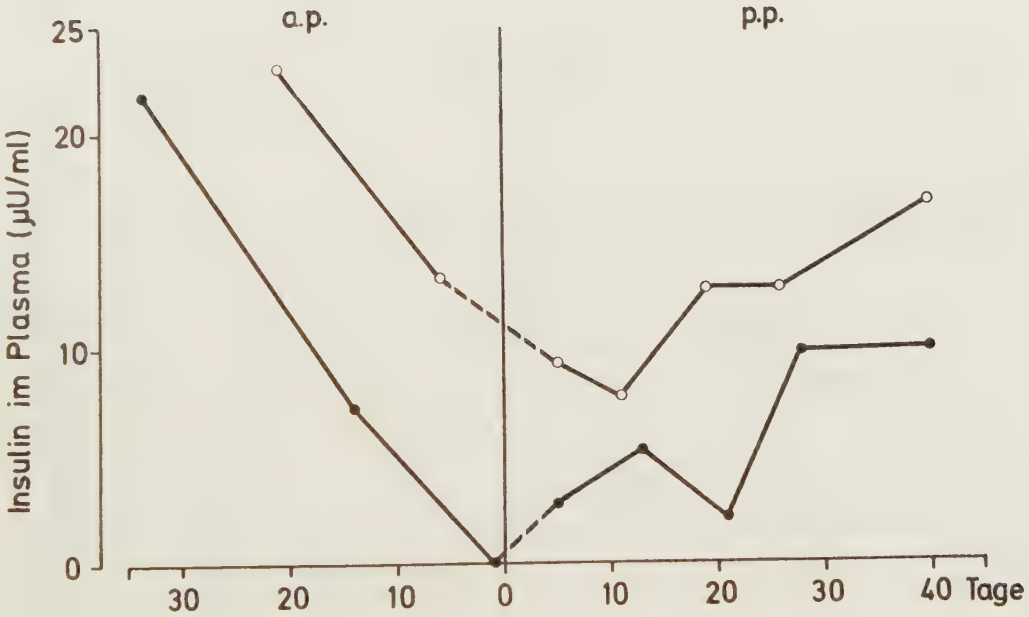

Abbildung 7: Individueller Verlauf der Insulinspiegel bei DF-Kühen Nr. 16 (o) und Nr. 19 (●)

3.4. Glucose-Toleranztest

Die Mittelwerte und Standardabweichungen des Glucosetoleranztests sind in Tabelle 7 als Halbwertszeit der Normalisierung des Glucosespiegels wiedergegeben. Diese Daten sollten über die Funktionsfähigkeit des Insulinsystems Aufschluß geben. Wie in Material und Methoden ausgeführt, wurden post partum nur zwei Glucosetoleranztests durchgeführt und zwar am 12. und 41. Tag.
Bei den HF-Kühen nahm die durchschnittliche Halbwertszeit vor der Geburt von 41.4 min 24 Tage a.p. auf 34.3 min 12 Tage a.p. ab und verringerte sich nach der Geburt weiter auf 33.1 min 12 Tage p.p. und 31.5 min 41 Tage p.p..

Bei den DF-Kühen blieb die Halbwertszeit der zugeführten Glucose a.p. nahezu konstant bei 42.4 min und sank post partum auf 37.2 - 38.0. Die Halbwertszeit war also auch bei den DF-Kühen a.p. länger als p.p., doch blieb der Unterschied geringer als bei den HF-Kühen.
Im Vergleich der beiden Rassen ergaben sich für den Glucosetoleranztest bei DF-Kühen etwas längere Halbwertszeiten, die allerdings nur 41 Tage p.p. signifikant verschieden waren. Im zeitlichen Verlauf der Mittelwerte in Abbildung 8 ergab sich ein ähnliches Bild wie für die Insulinspiegel in Abbildung 5, obgleich eher ein reziproker Verlauf zu erwarten war.
Um die Bedeutung individueller Eigenarten im Glucosetoleranztest hervorzuheben, wurden in den Tabellen 8 und 9 solche Kühe zusammengestellt, deren Testwerte vor und nach dem Kalben deutlich differieren. Hierzu gehörten bei den HF-Kühen 3 Tiere, deren Werte p.p. um 24 - 38 % höher lagen als a.p., während bei 4 weiteren Tieren p.p. um 19 - 30 % geringere Werte erreicht wurden als a.p.. Somit wichen die Extreme um 68 % voneinander ab.
Bei den DF-Kühen lag der Test-Wert p.p. bei einem Tier um 39 % höher als a.p.. Bei 4 weiteren Kühen blieben die postpartalen Werte um 14 - 30 % unter den Vergleichwerten a.p.,

Tabelle 7

Halbwertszeit der Normalisierung des Glucosegehalts im Plasma nach Glucosebelastung bei HF- und DF-Kühen

Zeit $\bar{x} \pm s$	HF-Kühe $\bar{x} \pm s$ (n)	DF-Kühe $\bar{x} \pm s$ (n)	Signifikanz d.Differenz p=
Tage a.p.		$T_{1/2}$ (min)	
38 ± 5	---	42.4 ± 8.4 (6)	
24 ± 6	41.4 ± 6.5 (12)	---	n.s.
20 ± 6	---	42.4 ± 9.3 (8)	
12 ± 6	34.3 ± 8.7 (12)	---	
4 ± 2	---	42.3 ± 10.8 (8)	
Tage p.p.			
12 ± 2	33.1 ± 6.3 (11)	37.2 ± 7.6 (8)	n.s.
41 ± 3	31.5 ± 5.8 (10)	38.0 ± 6.1 (8)	0.027

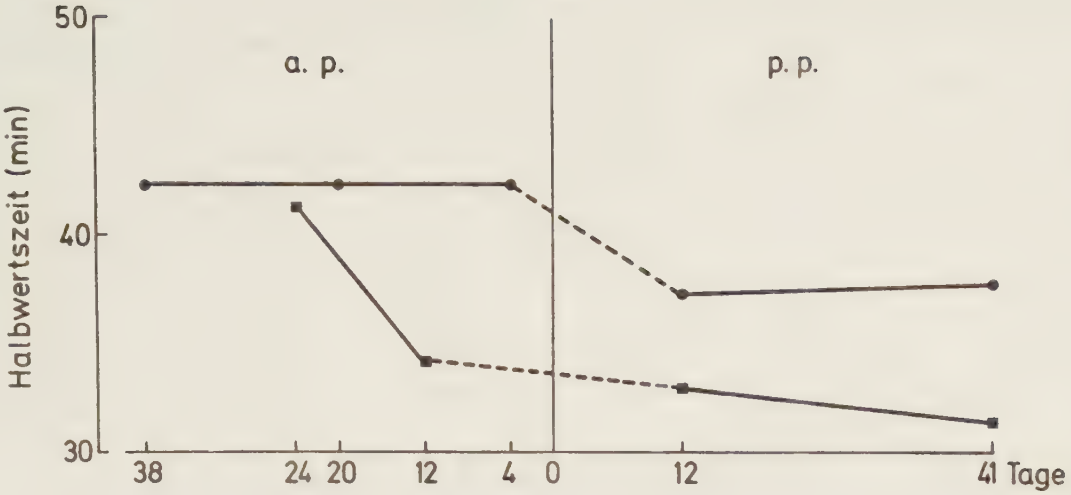

Abbildung 8: Verlauf der Normalisierung (HWZ) des Glucosegehaltes im Plasma nach Glucosebelastung bei HF (■)- und DF (●)-Kühen

Tabelle 8

Halbwertszeit der Normalisierung des Glucosegehalts im Plasma nach Glucosebelastung bei HF-Kühen mit auffälligen Unterschieden a.p. und p.p.

HF-Kühe	Messung A		Messung B		Änderung	
Nr.	Tage a.p.	HWZ[1)]	Tage p.p	HWZ	min	%
1	14	24.9	10	34.1	+ 9.2	+ 38
6	20	28.8	11	38.1	+ 9.3	+ 32
5	13	29.8	14	37.0	+ 7.2	+ 24
10	10	31.4	14	25.3	- 6.1	- 19
2	11	33.9	11	27.1	- 6.8	- 20
9	8	38.3	13	28.2	-10.1	- 26
7	12	51.0	13	35.9	-15.1	- 30

1) HWZ = Halbwertszeit (min)

Tabelle 9

Halbwertszeit der Normalisierung des Glucosegehalts im Plasma nach Glucosebelastung bei DF-Kühen mit auffälligen Unterschieden a.p. und p.p.

DF-Kühe	Messung A		Messung B		Änderung	
Nr.	Tage a.p.	HWZ[1)]	Tage p.p.	HWZ	min	%
14	5	34.1	9	47.8	+ 13.7	+ 39
15	3	33.9	8	29.2	- 4.7	- 14
13	3	46.2	12	32.8	- 13.4	- 29
17	1	63.7	12	36.1	- 19.0	- 30
19	1	42.5	13	29.7	- 12.8	- 30

1) HWZ = Halbwertszeit (min)

also ebenfalls eine deutliche Differenz (69 %) der Extremwerte.
Insgesamt ist zu bemerken, daß bei beiden Rassen mehr als die Hälfte der Tiere solche auffälligen Unterschiede der Testwerte vor und nach dem Kalben aufwiesen.

3.5. Glucosebelastung und Insulinantwort

3.5.1. Verlauf der Insulinantwort nach Glucosebelastung

Die Messung des Insulinspiegels nach Glucosebelastung ermöglicht eine Beurteilung der Produktionskapazität der B-Zellen als maximal provozierbare Insulinsekretion. Wegen der großen Aufwendungen für die Insulinbestimmung beschränken sich die eigenen Experimente auf 2 HF-Kühe und 3 DF-Kühe. Der Verlauf der Insulinantwort zu den Versuchszeiten vor und nach dem Kalben wird in den Abbildungen 9 - 13 wiedergegeben.
Wie Abbildung 9 zeigt, stieg der Insulinspiegel im Plasma der HF-Kuh 2 innerhalb etwa 10 - 15 min nach der Glucoseinjektion steil an, im Versuch 24 Tage a.p. etwa auf den 10fachen Wert. Dem Maximum um 160 /uU/ml folgte ein angenähert exponentieller Abfall, sodaß der Insulinspiegel 60 min nach Glucoseinjektion nur noch etwa 20 % des Maximalwertes erreichte. Für die nachgeordneten Versuchszeiten bei der vorgenannten Kuh und ebenso für die Ergebnisse, die von der HF-Kuh 7 erhalten wurden (Abb. 10), ergab sich ein prinzipiell ähnlicher Kurventyp mit vergleichbarer Zeitabhängigkeit.
Allerdings nahm der Maximalwert der Insulinantwort 11 Tage a.p. gegenüber der 1. Versuchszeit etwas und nach dem Kalben sehr deutlich ab, bei HF-Kuh 2 auf 43 % (11 d p.p.) und bei HF-Kuh 7 auf 56 % (13 d p.p.). Während bei dem letztgenannten Tier 41 Tage p.p. eine gewisse Erholung der Insulinantwort zu verzeichnen war, erniedrigte sich der entsprechende Wert bei HF-Kuh 2 weiter auf 49 /uU/ml bzw. 30 % des Vergleichswertes a.p..

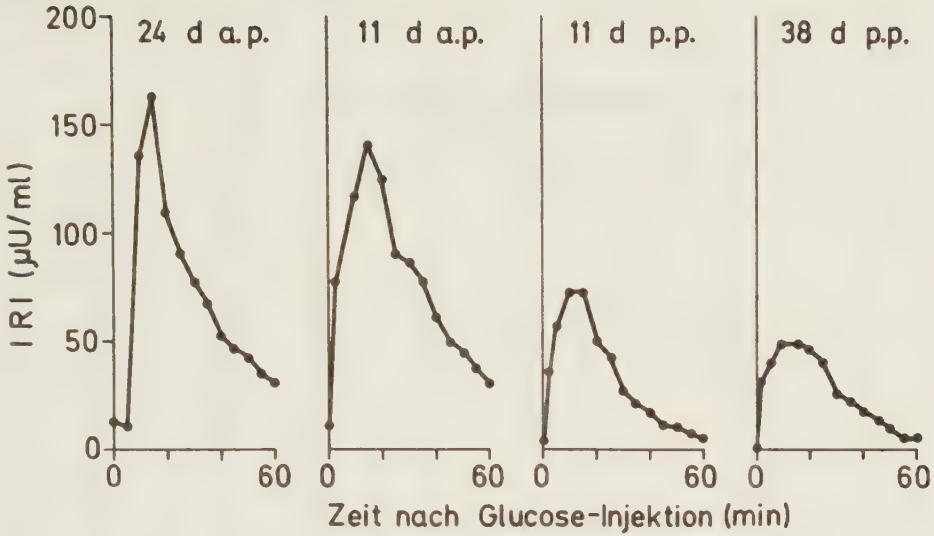

Abbildung 9: Insulinantwort (IRI) nach Glucosebelastung bei HF-Kuh Nr. 2

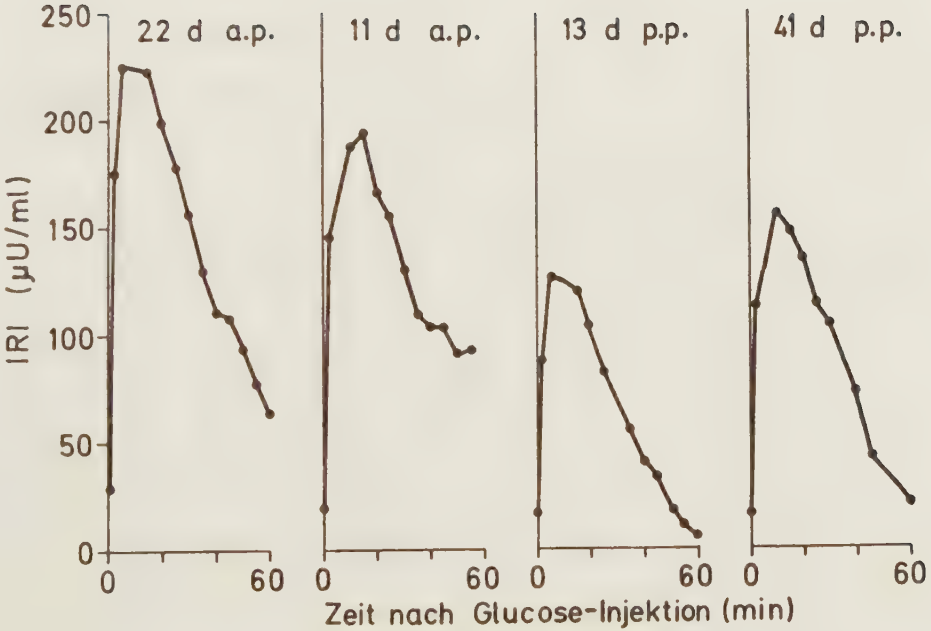

Abbildung 10: Insulinantwort (IRI) nach Glucosebelastung bei HF-Kuh Nr. 7

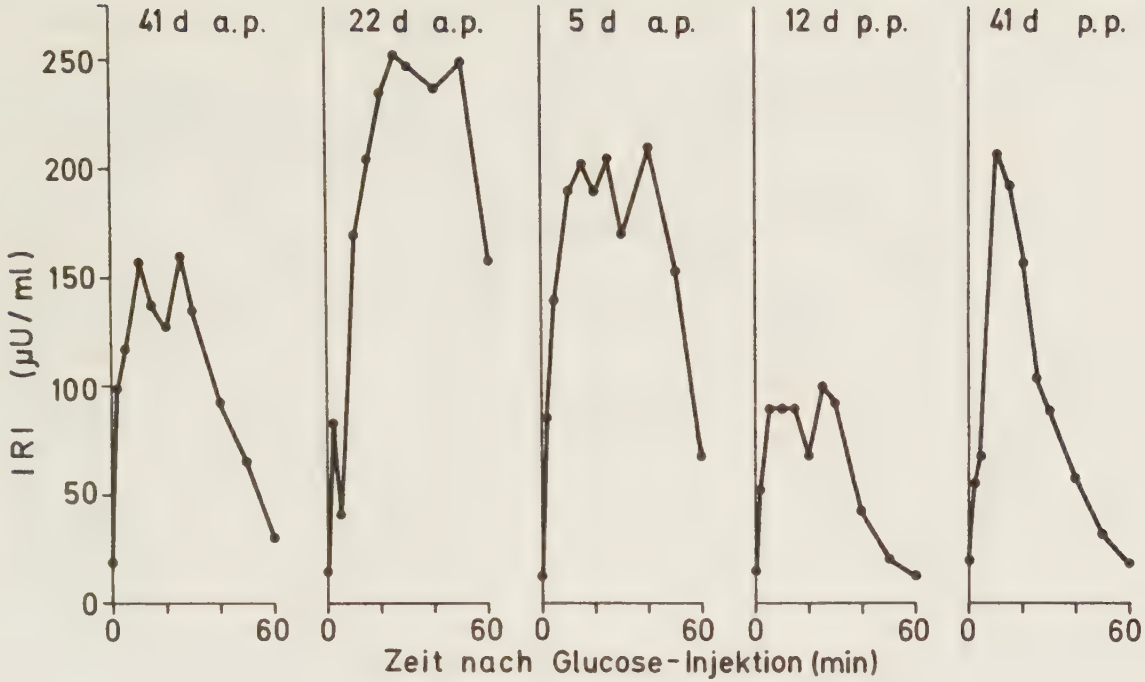

Abbildung 11: Insulinantwort (IRI) nach Glucosebelastung bei DF-Kuh Nr. 18

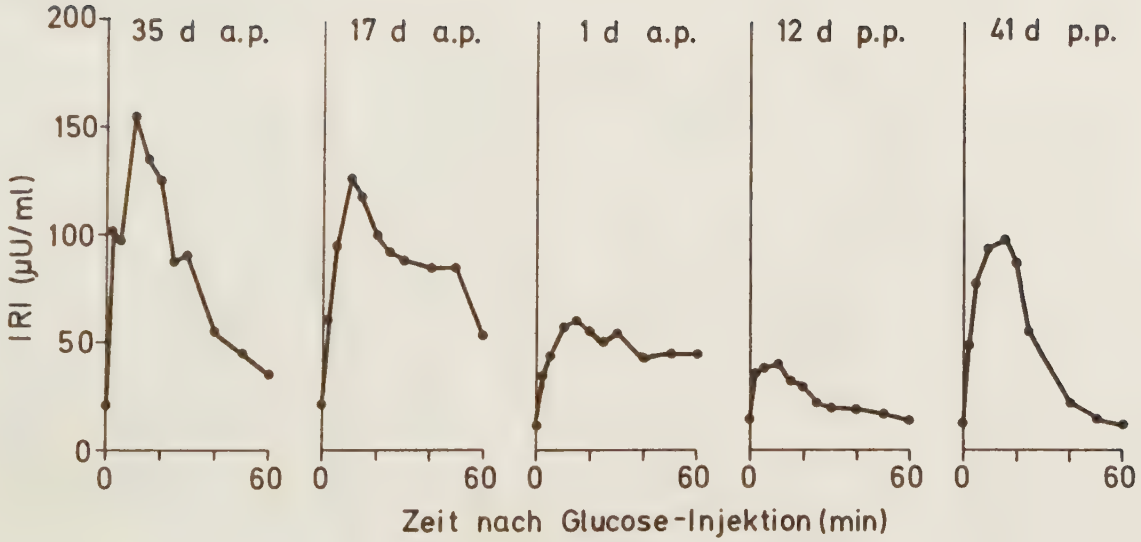

Abbildung 12: Insulinantwort (IRI) nach Glucosebelastung bei DF-Kuh Nr. 17

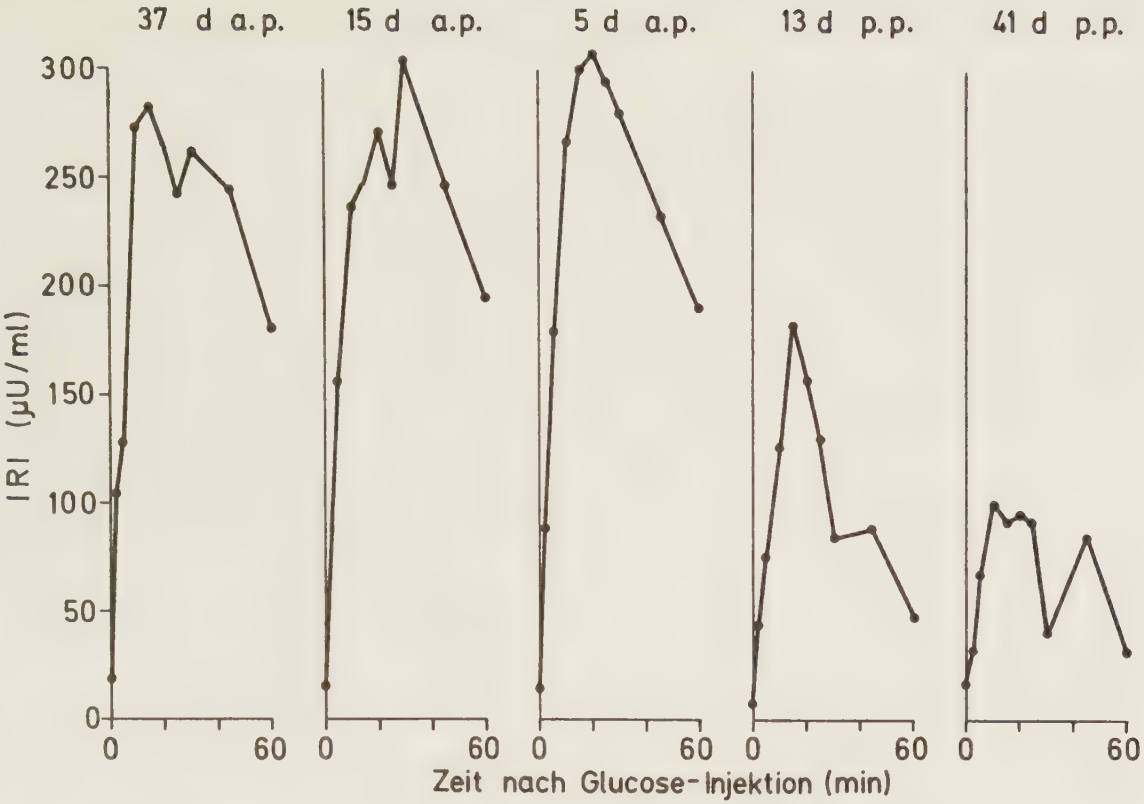

Abbildung 13: Insulinantwort (IRI) nach Glucosebelastung bei DF-Kuh Nr. 20

Bei den DF-Kühen (Abb. 7 - 9) ergab sich ein prinzipiell anderer, in der Regel zweigipfeliger Verlauf der Insulinspiegel nach Glucosebelastung, das 1. Maximum ca. 10 - 15 min nach Injektion, das 2. Maximum mehr variabel bei 20 - 40 min. Auffällig ist ferner, daß bei den DF-Kühen 18 und 20 zu den Versuchzeiten a.p. Maximalwerte erreicht wurden, welche die Ausgangswerte vor Glucoseinjektion (0 min) um das 15 - 20fache überschritten und damit die maximale Insulinantwort der HF-Kühe a.p. um das 1.5 bis 2fache übertrafen. Im übrigen ist bemerkenswert, daß sich bei den HF-Kühen (Abb. 9 und 10) zwar kein 2. Gipfel aber eine zeitlich entsprechende "Stufe" im Verlauf des Insulinspiegels andeutete.
Bei den DF-Kühen trat teils a.p. (Abb. 11 und 12) durchweg aber nach dem Kalben ein Abfall der maximalen Insulinantwort auf Werte ein, die etwa 26 % (Abb. 12) bzw. 60 % (Abb. 11 und 13) der Maximalwerte a.p. entsprachen. In 2 Fällen erfolgte auch hier ähnlich wie bei HF-Kuh 7 eine Erhöhung der Insulinantwort 41 Tage p.p., bei der DF-Kuh 20 hingegen eine weitere Erniedrigung auf rund 100 /uU/ml entsprechend 32 % des Maximalwertes a.p..
Für alle untersuchten Tiere ergab sich trotz deutlicher individueller Unterschiede, daß die Insulinantwort nach dem Kalben auf rund 30 - 60 % der a.p. gemessenen Werte reduziert war. Tiere mit geringerer Insulinantwort a.p. fielen auch p.p. am weitesten ab.

3.5.2. Beziehungen zwischen Glucose- und Insulinkonzentration nach Glucosebelastung

Die Wechselwirkungen zwischen Glucose und Insulin werden nicht nur durch die zuvor erörterte maximale Insulinantwort sondern auch durch die Beziehung der Plasmakonzentrationen nach Glucosebelastung verdeutlicht.
Abbildung 14 zeigt beispielhaft an 2 ausgewählten Kühen im gleichen postpartalen Zeitabschnitt, daß zwischen beiden Parametern ein positiver Zusammenhang gegeben war,

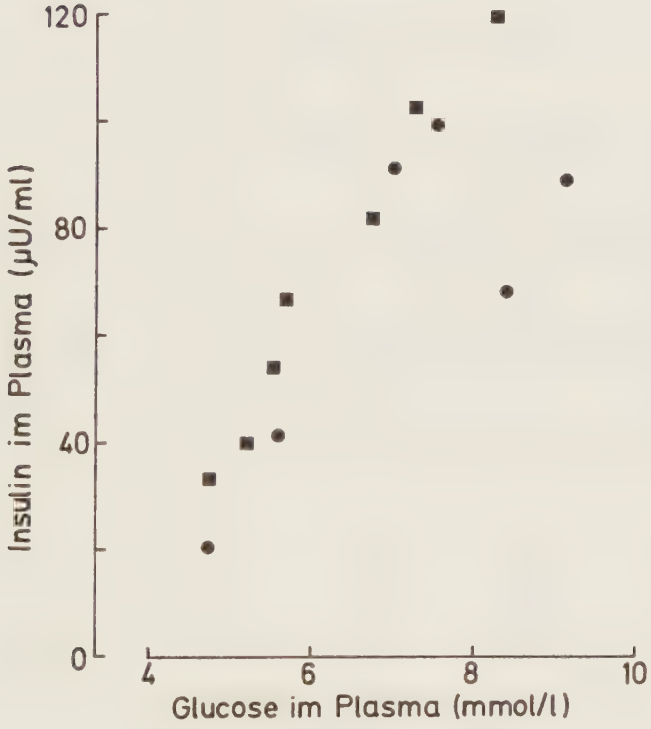

Abbildung 14: Beziehung zwischen Glucosespiegel und Insulinantwort (im Glucosetoleranztest) nach Glucosebelastung (■ HF-Kuh Nr. 7, 13 Tage p.p. ● DF-Kuh Nr. 18, 12 Tage p.p.)

welcher bei der HF-Kuh allerdings enger erscheint als bei der DF-Kuh.
Auf der Grundlage einer derartigen linearen Beziehung werden für die untersuchten 5 Kühe zu den jeweiligen Versuchszeiten die zugehörigen Regressionsgleichungen und Korrelationen berechnet, die in Tabelle 10 wiedergegeben sind.
Aus den Angaben ist zu entnehmen, daß bei den 2 HF-Kühen zu allen Versuchszeiten eine enge und gut gesicherte Korrelation zwischen Insulin- und Glucosekonzentrationen bestand. Bei den DF-Kühen war der Zusammenhang weniger überzeugend, bei DF-Kuh 17 noch ähnlich eng wie bei den HF-Kühen, bei DF-Kuh 18 nur teilweise und bei DF-Kuh 20 schwach bzw. nicht signifikant. Bleiben das letztgenannte Tier und die weiteren nicht oder schwachsignifikanten Beziehungen unberücksichtigt, so ergeben sich für die HF-Kühe insgesamt höhere Regressionskoeffizienten als für die DF-Kühe.

Tabelle 10

Beziehungen zwischen Glucosespiegel und Insulinantwort (im Glucosetoleranztest nach Glucosebelastung)★

Tier Nr.:	Zeit (d)	a	b	r	p<
HF 2	24 a.p.	-113.68	27.87	0.957	0.001
	11 a.p.	- 78.77	21.35	0.970	0.001
	11 p.p.	- 50.03	15.25	0.963	0.001
	38 p.p.	- 25.82	7.96	0.974	0.001
HF 7	22 a.p.	-157.62	44.16	0.993	0.001
	11 a.p.	- 35.36	21.08	0.940	0.001
	13 p.p.	- 83.29	24.37	0.988	0.001
	41 p.p.	- 76.68	25.16	0.936	0.001
DF 17	35 a.p.	- 64.06	21.78	0.963	0.001
	17 a.p.	- 17.36	14.17	0.928	0.001
	1 a.p.	+ 21.79	3.55	0.812	0.050
	12 p.p.	- 9.78	5.35	0.948	0.001
	41 p.p.	- 55.96	15.42	0.966	0.001
DF 18	41 a.p.	- 41.81	19.99	0.888	0.010
	23 a.p.	+210.24	1.01	0.066	n.s.
	5 a.p.	+ 62.82	13.66	0.605	n.s.
	12 p.p.	- 28.70	13.10	0.844	0.010
	41 p.p.	-123.82	32.29	0.967	0.001
DF 20	37 a.p.	+ 86.95	17.39	0.793	0.050
	15 a.p.	+205.01	5.42	0.272	n.s.
	5 a.p.	+125.45	15.96	0.771	0.050
	13 p.p.	- 52.02	21.21	0.798	0.050
	41 p.p.	- 13.76	11.83	0.723	n.s.

★ $y = bx + a$, x = Plasmaglucose (mmol/l)
y = Plasmainsulin (µU/ml)

3.6. Vergleich und Beziehungen ausgewählter Parameter

In diesem Abschnitt werden ohne Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufs der Untersuchungen lediglich die vor und nach dem Kalben bei HF- und DF-Kühen erhaltenen Mittelwerte für ausgewählte Parameter gegenübergestellt und zwar die Plasmakonzentrationen von Glucose, 3-Hydroxybutyrat und Insulin. Zunächst erfolgt ein Vergleich innerhalb der Rassen (3.6.1., Tab. 11), danach zwischen den Rassen (3.6.2., Tab. 12). Anschließend werden Korrelationen zwischen den Parametern wiedergegeben (3.6.3., Tab. 13).

3.6.1. Vergleich der Mittelwerte a.p. und p.p. bei HF-Kühen und DF-Kühen

Glucose: Der Glucosegehalt im Plasma nahm bei den HF-Kühen von 3.85 a.p. signifikant auf 3.35 mmol/l p.p. ab. Die Veränderung bei den DF-Kühen dagegen war minimal. Der Glucosespiegel stieg unerheblich von 3.95 a.p. auf 3.98 mmol/l p.p..

3-Hydroxybutyrat: Der Gehalt von 3-Hydroxybutyrat im Plasma der HF-Kühe stieg von 0.33 mmol/l a.p. auf 0.77 mmol/l an. Das entspricht einer fast 2 1/2fachen und somit signifikanten Zunahme.

Bei den DF-Kühen dagegen blieb der 3-Hydroxybutyratgehalt, ähnlich wie der Glucosespiegel weitgehend konstant.

Insulin: Der Insulinspiegel sank bei beiden Rassen nach der Geburt ab. Bei den HF-Kühen betrug die durchschnittliche Abnahme der Insulinkonzentration von a.p. 15.52 auf p.p. 6.06 µU/ml rund 61 %.

Bei den DF-Kühen sank der Insulinspiegel von a.p. 22.96 auf p.p. 12.19 µU/ml um rund 47 %.

Beide Differenzen sind statistisch gesichert.

3.6.2. Vergleich der Mittelwerte von HF- und DF-Kühen a.p. und p.p.

Glucose: Der Glucosespiegel der DF-Kühe war ante partum nicht signifikant höher als bei den HF-Kühen. Post partum

Tabelle 11

Vergleich der Mittelwerte a.p. und p.p. bei HF- und DF-Kühen

Parameter	a.p. $\bar{x} \pm s$	p.p. $\bar{x} \pm s$	Signifikanz d.Differenz $p<$
Glucose (mmol/l)			
HF-Kühe	3.85 ± 0.56	3.35 ± 0.49	0.05
DF-Kühe	3.95 ± 0.33	3.98 ± 0.56	n.s.
3-HB (mmol/l)			
HF-Kühe	0.33 ± 0.09	0.77 ± 0.36	0.001
DF-Kühe	0.59 ± 0.20	0.60 ± 0.21	n.s.
Insulin (µU/ml)			
HF-Kühe	15.52 ± 13.88	6.06 ± 6.06	0.05
DF-Kühe	22.96 ± 12.60	12.19 ± 5.38	0.01

Tabelle 12

Vergleich der Mittelwerte von HF- und DF-Kühen a.p. und p.p.

Parameter	HF-Kühe x ± s	DF-Kühe x ± s	Signifikanz d.Differenz p<
Glucose (mmol/l)			
a.p.	3.85 ± 0.56	3.95 ± 0.33	n.s.
p.p.	3.35 ± 0.49	3.98 ± 0.56	0.02
3-HB (mmol/l)			
a.p.	0.33 ± 0.09	0.59 ± 0.20	0.02
p.p.	0.77 ± 0.36	0.60 ± 0.21	n.s.
Insulin (µU/ml)			
a.p.	15.52 ± 13.88	22.96 ± 12.60	n.s.
p.p.	6.06 ± 6.06	12.19 ± 5.38	0.05

betrug der mittlere Glucosegehalt der DF-Kühe 3.98 und der HF-Kühe 3.35 mmol/l, eine statistisch signifikante Differenz.

3-Hydroxybutyrat: Ante partum betrug der 3-Hydroxybutyratgehalt im Plasma bei den DF-Kühen 0.59 und bei den HF-Kühen mit 0.33 mmol/l signifikant weniger. Post partum hatten die HF-Kühe mit 0.77 mmol/l den höheren 3-Hydroxybutyratspiegel gegenüber den DF-Kühen mit 0.60 mmol/l. Die Differenz ist allerdings nicht signifikant.

Insulin: Die HF-Kühe hatten durchschnittlich a.p. und p.p. niedrigere Insulinspiegel als die DF-Kühe. Wegen der beachtlichen Streuungen waren nur die Insulinwerte p.p. signifikant verschieden.

3.6.3. Beziehungen zwischen den Stoffwechselparametern

Während der Laktation waren signifikante Beziehungen zwischen den Stoffwechselparametern zu finden und zwar hauptsächlich bei den HF-Kühen (Tab. 13).
So waren 26 Tage p.p. bei den HF-Kühen 3-Hydroxybutyrat und Glucose sowie 3-Hydroxybutyrat und Insulin negativ korreliert. 41 Tage p.p. war die letztere Beziehung gerade noch signifikant, allerdings positiv. 12 Tage nach der Geburt war die Halbwertszeit der Glucoseelimination nach Glucosebelastung positiv mit dem Ausgangsspiegel der Glucose korreliert.
Demgegenüber konnte bei den DF-Kühen nur eine signifikante Beziehung zwischen Glucose und Insulin gefunden werden.
6 Tage p.p. waren die beiden Parameter positiv miteinander korreliert.

Tabelle 13

Beziehungen zwischen Stoffwechselparametern

Parameter	Rasse	Zeit(d) $\bar{x} \pm s$	r	p=
3-HB/Glucose	HF	26 ± 2	- 0.560	0.029
3-HB/Insulin	HF	26 ± 2	- 0.559	0.037
3-HB/Insulin	HF	41 ± 3	+ 0.550	0.050
HWZ/Glucose	HF	12 ± 2	+ 0.719	0.006
Glucose/Insulin	DF	6 ± 1	+ 0.665	0.036

3.7. Beziehung zwischen dem Insulinspiegel im Plasma und der Milchleistung

Vorweg kann gesagt werden, daß signifikante Beziehungen zwischen Stoffwechselparametern und Milchleistung nur für den Insulingehalt im Plasma und zwar ausschließlich bei HF-Kühen gefunden werden konnte (Tabelle 14).
Für die Bewertung wurde die 100-Tage-Leistung der auf 4 % Fett korrigierten Milchleistung herangezogen. Die Beziehung zwischen Milchleistung und Insulingehalt war von 19 - 26 Tagen negativ.
Abschließend sei ergänzt, daß bei den DF-Kühen eine negative Korrelation (p = 0.026) zwischen Glucose und 100-Tage-Milchleistung 12 Tage p.p. auftrat, die in Tabellen nicht verzeichnet ist.

Tabelle 14

Beziehungen zwischen Insulinspiegel im Plasma und Milchleistung ★

Tage	HF-Kühe		DF-Kühe	
$\bar{x} \pm s$	r	p=	r	p=
6 ± 2	- 0.2424	n.s.	- 0.2507	n.s.
12 ± 2	- 0.8817	0.001	- 0.2500	n.s.
19 ± 2	- 0.5865	0.029	- 0.2416	n.s.
26 ± 2	- 0.5576	0.047	+ 0.2157	n.s.
41 ± 3	- 0.2309	n.s.	- 0.0479	n.s.

★ 100-Tage Leistung, 4 % Fett korrigierte Milch

4. DISKUSSION

Es gibt verschiedene Untersuchungen, die sich mit dem Einfluß hoher Milchleistung auf Hormone und Metabolite in der peripartalen Periode auseinandersetzen. Bei diesen Untersuchungen fällt auf, daß die meisten Autoren mit reinen Milchrassen oder reinen Fleischrassen gearbeitet haben. In den eigenen Experimenten wurden unter weitgehend übereinstimmenden Bedingungen (Fütterung, Zeit der Blutentnahme) stoffwechselphysiologische Veränderungen zu Beginn der Laktation an einer reinen Milchrasse (Holstein-Friesian) und einer Zweinutzungsrasse (Deutsches Fleckvieh) verfolgt. Beide Herden, in denen die untersuchten Tiere standen, zeichneten sich durch überdurchschnittlich hohe Milchleistungen aus.

Den zentralen Metaboliten dieser Untersuchung stellt die Glucose dar, da die Regulation ihres Stoffwechsels durch die hohe Produktivität in den ersten Wochen der Laktation besonders beansprucht wird. Eine Überschätzung der Fähigkeit, die Glucosehomöostase aufrecht zu erhalten, führt zu einer Reihe von Problemen (BASSETT, 1978). Solche deuteten sich bei den HF-Kühen an, bei denen der Glucosespiegel 4 Wochen nach Beginn der Laktation um rund 20 % gegenüber 2 Wochen a.p. gemessenen Wert absank (vgl. Tab. 3). Erst nach 6 Wochen war wieder ein leichter Anstieg zu verzeichnen. Bei den DF-Kühen dagegen blieb der Glucosespiegel in der frühen Laktation durchweg stabil: 26 Tage p.p. wurden sogar die höchsten Werte gemessen. BICKERSTAFF et al. (1974) interpretieren den niedrigen Glucosespiegel als die Folge des großen Glucosebedarfes für die Bildung von Milchzucker. Wie KUNZ (1982) bei Fütterungsversuchen an Kühen der Zweinutzungsrasse Schweizer Braunvieh fand, fiel die Glucosekonzentration im Plasma mit 2.56 mmol/l bereits a.p. schon sehr niedrig aus.

Da bei den HF-Kühen keine statistisch gesicherte Beziehung zwischen Milchleistung und Abfall der Glucose im Plasma und bei den DF-Kühen trotz hoher Leistung nicht einmal ein Abfall nachzuweisen war, dürfte dem Abfluß über die Milch weniger Bedeutung zukommen als ursprünglich angenommen und Deutsches Fleckvieh in dieser Hinsicht eine besondere Stabilität aufweisen.
Um die Gründe für die stoffwechselphysiologischen Differenzen beider Rassen besser kennen zu lernen, wurde Insulin im Plasma bestimmt, dem beim Wiederkäuer vor allem eine große Bedeutung für die Regulation des Glucoseumsatzes zukommt (BASSETT, 1978; ROOK, 1979). Dabei ergaben sich interessante Unterschiede zwischen den beiden Rassen (vgl. Tab. 6). Ähnlich wie in Versuchen von HART et al. (1978) beim Vergleich von Friesian mit Hereford x Friesian-Kühen, zeigte die mehr fleischbetonte DF-Rasse generell gegenüber HF-Kühen höhere Insulinwerte und zwar sowohl vor als auch nach dem Kalben. Auch war bei diesen Tieren der Abfall des Insulinspiegels nach dem Kalben weniger stark und die Normalisierung erfolgte rascher als bei den HF-Tieren. Außerdem bestanden nur bei den HF-Tieren in den ersten 2 - 4 Wochen der Laktation eindeutig negative Beziehungen zwischen Insulinspiegel und 100-Tagesmilchmengen (vgl. Tab. 14).

Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, daß sich die Plasmainsulin-Werte bei den Kühen beider Rassen bereits vor dem Kalben deutlich verringerten, was bei den bisher mitgeteilten Ergebnissen nicht hinreichend berücksichtigt wurde (vgl. Tab. 3). Im übrigen weisen nicht nur die eigenen Befunde sondern auch die anderer Autoren (HART et al., 1978; ATHANASIOU u. PHILLIPS, 1978) darauf hin, daß zumindest bei HF-Kühen Zusammenhänge zwischen Milchleistungszucht und diabetesartiger Erniedrigung des Insulinspiegels (GIESECKE, 1981) bestehen mögen. Befunde von Jersey-Kühen (BLUM et al., 1973) und Schweizer Braunvieh (KUNZ, 1982) geben in dieser Hinsicht allerdings noch Rätsel auf.

Da der Insulinspiegel allein noch nicht die Wirksamkeit an den Erfolgsorganen bestimmt, wurde als einfacher Funktionstest ein intravenöser Glucosetoleranztest durchgeführt, der grundsätzlich die Freisetzung von Insulin aus den B-Zellen des Pankreas und die Wirksamkeit des freigesetzten Insulins in seinen Zielgeweben anzeigen sollte. Die Resultate des Tests ergaben allerdings keine Beziehung zwischen dem Ausgangsspiegel des Insulins und der als Halbwertszeit errechneten Normalisierung der zugeführten Glucose (vgl. Tab. 6 u. 7.). Es war aber deutlich zu sehen, daß die Insulinantwort nach Glucosebelastung in der frühen Laktation bei den meisten Kühen um über 2/3 niedriger lag als in der Trockenperiode (vgl. Abb. 9 - 13). Insulinantwort und Glucosekonzentration nach Glucosebelastung bei den 2 HF-Kühen und 3 DF-Kühen waren fast durchweg positiv miteinander korreliert (vgl. Tab. 10).

Wie ist die Situation zu erklären, daß der Ausgangsspiegel niedrig ist und die Insulinantwort nach Glucosebelastung niedriger ausfällt, aber die Halbwertszeit der zugeführten Glucose eher abnimmt ? In der Laktation wird u.a. durch hohen Wachstumshormonspiegel eine katabole Stoffwechsellage geschaffen und die Fähigkeit der Milchdrüse gesteigert, Milchkomponenten zu synthetisieren und mehr Nährstoffe zur Milchproduktion aufzunehmen (SEJRSEN u. NEIMANN-SØRENSEN, 1982). Das Wachstumshormon wirkt den niedrigen Insulinspiegeln noch entgegen. Dies führt dazu, daß alle verfügbare Glucose zur Laktoseproduktion in der Milchdrüse verwendet wird. Das spiegelt sich auch in unserem Ergebnis wieder. Im Glucosetoleranztest, der 12 Tage p.p. gemacht worden ist, war die Halbwertszeit der Glucose positiv mit dem Ausgangsspiegel der Glucose im Plasma korreliert (vgl. Tab. 13). War der Glucosespiegel tief, so war auch die Halbwertszeit kürzer. Dies war, wie auch zu erwarten nur bei den Holstein-Friesian zu sehen. So gesehen, wurde der Glucosetoleranztest als Maß für die Insulinfunktion durch den Milchabfluß der Glucose überlagert.

Sehr aufschlußreich sind die Insulinwerte nach Glucosebelastung. Der Abfall der Insulinantwort bei Kühen beider Rassen in der Frühlaktation läßt auf eine Stoffwechsellage schließen, die - abgesehen von der in die Milchsynthese abfließenden Glucose - einem milden Diabetes ähnlich sieht. Diese Ergebnisse begründen die frühere Annahme von HART et al. (1978) aufgrund erniedrigter (unprovozierter) Insulinspiegel. Als diabetesartige Folgeerscheinungen treten gesteigerter Fettabbau mit Anstieg der Freien Fettsäuren, der Ketonkörper und des Cholesterins im Blutplasma, sowie eine erhöhte Glucoseproduktion (nicht Spiegel) ein (GIESECKE, 1981).

Da bei HF-Kühen der Herde auf dem Lehr-und Versuchsgut eine gesicherte positive Beziehung der Konzentrationen von Freien Fettsäuren und Ketonkörpern im Plasma gegeben war (KOSAK, 1980), wurde 3-Hydroxybutyrat und Acetoacetat im Plasma in die eigenen Messungen einbezogen. Unterschiede zwischen den Rassen zeigten sich hauptsächlich vor dem Kalben. Bei den HF-Kühen stiegen die Spiegel von Acetoacetat und 3-Hydroxybutyrat danach auf das Doppelte. Bei den DF-Kühen mit deutlich höheren Werten a.p. waren keine Unterschiede der 3-Hydroxybutyrat- und Acetoacetatkonzentrationen in der frühen Laktation zu registrieren. Da die Fütterungsbedingungen bei beiden Rassen in der Trockenzeit gleich waren, sind Ernährungseinflüsse wohl auszuschließen. Der Unterschied der HF- und DF-Kühe scheint eher für die Rassen typisch zu sein. Erhöhte 3-Hydroxybutyratkonzentrationen wurden von SCHWALM u. SCHULTZ (1976) und HART et al. (1978) als Folge des Energiedefizits in der frühen Laktation interpretiert. So mögen die HF-Kühe mit ihrer höheren Milchleistung auch hier nach dem Kalben eher in eine kritische Energiesituation geraten sein als die DF-Kühe.

Erstaunlicherweise ergaben sich nur wenig signifikante Beziehungen zwischen der Milchleistung der Kühe und den gemessenen Stoffwechselparametern, obwohl solche zu erwarten waren. Dies ist zum Teil wohl dem Bezug auf die 100-Tageleistung zuzuschreiben. Sie erschien hier als die relativ beste aber keinesfalls als optimale Bewertung der Milchleistung. Offensichtlich spiegeln die Plasmakonzentrationen von Insulin und Energiemetaboliten eher momentane energiedefizitäre Situationen als längerfristige Zustände wieder. Für exakte Beziehungen wäre es unumgänglich, Blutparameter und Milchleistung aber auch die zugeordnete Futteraufnahme simultan zu erfassen. Die aufgezeigten Rassenunterschiede stellten somit den übergeordneten Einfluß heraus.

5. ZUSAMMENFASSUNG

An Kühen einer Holstein-Friesian-Herde (HF) und einer Deutsch-Fleckvieh-Herde (DF) mit hohen Milchleistungen wurden von 3 - 4 Wochen vor bis zu 6 Wochen nach dem Kalben die Konzentrationen von Glucose, D(-)-3-Hydroxybutyrat, Acetoacetat und Insulin im Blutplasma untersucht sowie ein Glucosetoleranztest durchgeführt und die Insulinantwort gemessen.

1. Die Glucosespiegel betrugen a.p. bei HF und DF 3.85 bzw. 3.95 mmol/l und sanken bis 26 d p.p. nur bei HF signifikant auf 3.11 mmol/l.

2. 3-Hydroxybutyrat lag 3 Wochen a.p. bei HF und DF bei 0.32 bzw. 0.55 mmol/l ($p < 0.001$) und veränderte sich bis 19 d p.p. nur bei HF signifikant auf 0.88 mmol/l.

3. Acetoacetat lag 3 Wochen a.p. bei HF und DF bei 0.035 bzw. 0.017 mmol/l ($p < 0.05$) und stieg bis 26 d p.p. auf mehr als doppelte Werte an.

4. Insulin lag 3 Wochen a.p. bei HF und DF bei rund 20 bzw. 25 µU/ml, fiel bereits a.p. auf 11 bzw. 19 µU/ml und erniedrigte sich 12 d p.p. signifikant auf 5 bzw. 10 µU/ml.

5. Die Halbwertszeit im Glucosetoleranztest betrug 3 Wochen a.p. bei HF und DF 41 bzw. 42 min, fiel bei HF bereits a.p. auf 34 min und 41 d p.p. bei HF und DF auf 31 bzw. 38 min ($p < 0.05$). Bei einzelnen Kühen nahm die Halbwertszeit p.p. bis rund 40 % zu, bei anderen bis 30 % ab.

6. Die bei 2 HF und 3 DF nach Glucosebelastung gemessene Insulinantwort nahm teils bereits a.p. und p.p. meist sehr erheblich ab und wies damit auf eine Unterfunktion der B-Zellen des Pankreas hin. Glucosespiegel und Insulinantwort standen größtenteils in enger positiver Beziehung.

7. Beziehungen der gemessenen Parameter zur Milchleistung (100 Tage FCM) ergaben sich nur für die Insulinspiegel bei HF 12 - 26 d p.p. ($r = -0.88$, $p<0.001$ bis $r = -0.56$, $p<0.05$).

SUMMARY

INVESTIGATIONS ON THE FUNCTION OF INSULIN IN HOLSTEIN-FRIESIAN AND GERMAN SIMMENTAL COWS AT THE ONSET OF LACTATION

Plasma concentrations of glucose, D(-)-3-hydroxybutyrate, acetoacetate, and insulin were determined in high yielding Holstein Friesian (HF) and German Simmental (GS) cows from 3 - 4 weeks before until 6 weeks after parturition. A glucose tolerance test was performed as well including the measurement of insulin response.

1. Before parturition glucose levels in HF and GS were 3.85 and 3.95 mmol/l respectively, they decreased significantly to 3.11 mmol/l only in HF until 26 days after parturition.
2. Three weeks before parturition 3-hydroxybutyrate average 0.32 and 0.55 mmol/l in HF and GS ($p<0.001$) and changed only in HF to 0.88 mmol/l until 19 days after parturition.
3. Three weeks before parturition acetoacetate values in HF and GS reached 0.035 and 0.017 mmol/l ($p<0.05$) exceeding doubled values until 26 days after delivery.
4. Three weeks before parturition insulin concentration in HF and GS averaged at 20 and 25 µU/ml, decreased before parturition to 11 and 19 µU/ml and went down significantly to 5 and 10 µU/ml until 12 days after parturition.
5. Before parturition the half-live of glucose tolerance test in HF and GS was 41 and 42 min; it decreased in HF before parturition to 34 min, and until 41 days after parturition in HF and GS to 31 and 38 min ($p<0.05$). In certain cows, however, half-live values increased after delivery by approximately 40 % and in others decreased by about 30 %.

6. In 2 HF and 3 GS insulin response to glucose overload was measured. It decreased partly before parturition and strongly after parturition indicating an insufficiency of the pancreatic B-cells. Mostly plasma glucose levels and insulin response were in close positive correlation.

7. Of the parameters tested only insulin levels in HF were significantly correlated with milk production (100 days FCM) 12 - 26 days after parturition ($r = -0.88$, $p < 0.001$ to $r = -0.56$, $p < 0.05$).

6. LITERATURVERZEICHNIS

ATHANASIOU,N. u. R.W. PHILLIPS, 1978

Stability of plasma metabolites and hormones in parturient dairy cows.

Am. J. Vet. Res. 39, 953 - 956

BASSETT, J.M., 1978

Endocrine factors in the control of nutrient utilization: ruminants

Proc. Nutr. Soc. 37, 273 - 280

BAUMANN, D.E. u. W.B. CURRIE, 1980

Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis.

J. Dairy Sci. 63, 1514 - 1529

BICKERSTAFF, R., E.F. ANNISON u. J.L. LINZELL, 1974

The metabolism of glucose, acetone, lipids and amino acids in lactating dairy cows.

J. agric. Sci. Camb. 82, 71 - 75

BINES, J.A. u. J.C. HART, 1978

Hormonal regulation of partition of energy between milk and body-tissue in adult cattle.

Proc. Nutr. Soc. 37, 281 - 287

BINES, J.A., J.C. HART u. S.V. MORANT, 1980

Endocrine control of energy metabolism in the cow: the effect on milk yield and levels of some blood constituents of injecting growth hormone and growth hormone fragments.

Brit. J. Nutr. 43, 179 - 188

BLAXTER, K.L., 1971

The production of protein. Proc. 2nd Internat. Sympos. on Protein Metabolism and Nutrition . S. 4 - 10, Centre for Agric-Publishing and Documentation, Wageningen

BLUM, J.W., R.B. WILSON and D.S. KRONFELD, 1973

Plasma insulin concentration in parturient cows.

J. Dairy Sci. 56, 459 - 464

BUNDESMINISTERIUM für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten.
Ausgaben 1962 und 1981

Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.

FORBES, J.M., 1980

Hormones and metabolites in the control of food intake.

In: Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. (Hrsg. Ruckebusch, P. Thivend, S. 145 - 161)

MTP-Press, Lancaster

FRONK, T.J., D.F. BAUMANN u. C.J. PEEL, 1981

Effect of growth hormone on performance of high producing dairy cows.

Proc. Cornell Nutr. Conf. for Feed Manufactures, Cornell Univ. Ithaca, N.Y.

GIESECKE, D., 1981

Zum Problem stoffwechselphysiologischer Leistungsgrenzen bei Hochleistungskühen.

Der Tierzüchter 12, 520 - 522

GIESECKE, D. u. M. STANGASSINGER, 1982

Limits of metabolic performance in high yielding dairy cows.

Animal Research and Development 16, 95 - 105

HART, J.C., J.A. BINES, S.V. MORANT u. J.C. RIDLEY, 1978

Endocrine control of energy metabolism in the cow: Comparism of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and metabolites in the plasma of high yielding and low yielding cattle at various stages of lactation.

J. Endocrinol. 77, 333 - 345

HART, J.C., J.A. BINES u. S.V. MORANT, 1979

Endocrine control of energy metabolism in the cow: Correlations of hormones and metabolites in high and low yielding cows for stages of lactation.

J. Dairy Sci. 62, 270 - 277

KANEKO, J.J., 1980

Clinical biochemistry of domestic animals. S. 28

Third Edition, Academic Press

KOSAK, F., 1980

Untersuchungen über die Konzentration der Freien Fettsäuren im Blutplasma zur Ermittlung stoffwechselphysiologischer Leistungsgrenzen bei Hochleistungskühen.

Diss. Vet. Med., München

KRÄUßLICH, H., 1981

Züchtung. In:"Rinderzucht" (Hrsg. H. Kräußlich) S.249

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

KRONFELD, D.S., G.P. MAYER, J.M. ROBERTSON u. F. RAGGI, 1963

Depression of milk secretion during insulin administration.

J. Dairy Sci. 46, 559 - 564

KRONFELD, D.S., 1982

Major metabolic determinants of milk volume, mammary efficiency and spontaneous ketosis in dairy cows.

J. Dairy Sci. 65, 2204 - 2212

KUNZ, P.L., 1982

Der Einfluß des Fütterungsniveaus vor und nach dem Abkalben auf das Auftreten von Stoffwechselveränderungen bei der Milchkuh.

Diss. ETH, Zürich

MELLANBY, J. u. WILLIAMSON, D.H., 1962

Acetoacetatbestimmung.

In: Bergmeyer, Methoden der enzymatischen Analyse, 3. Auflage (1974), Bd,2, 1887 - 1890
Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße

PERUCHE, T., 1981

Untersuchungen über die diabetogene Wirkung von Streptozotocin bei Zwergziegen.

Diss. Vet. Med., München

ROOK, J.A.F.

The role of carbohydrate metabolism in the regulation of milk production.

Proc. Nutr. Soc. 38, 309 - 314

SACHS. L., 1972

Statistische Auswertungsmethoden.

Springer Verlag/Heidelberg-Berlin-New York

SCHWALM, J.W. u. L. H. SCHULTZ, 1976

Relationship of insulin concentration to blood metabolites in the dairy cow.

J. Dairy Sci., 59, 255 - 261

SEJRSEN, K. u. A. NEIMANN-SØRENSEN, 1982

Nutritional physiological and feeding of the cow around parturition.
Proc. EG - Seminar, factors influencing fertility in the post partum cow. S. 325 - 357

M. Nijhoff, Den Haag

STANGASSINGER, M., T. PERUCHE u. D. GIESECKE, 1982

Diabetes Mellitus bei Zwergziegen:
Modellversuche mit Streptozocin.

Zbl. Vet. Med. A 29, 297 - 304

STARR, J.I. u. A.H. RUBENSTEIN, 1974

Insulin, proinsulin, C-peptide

In: Methods for hormone radioimmunassay
Academic Press, 289

STÖBER, M. u. G. DIRKSEN, 1982

Das Lipomobilisationssyndrom
(Verfettungssyndrom der Milchkuh)

Collegium Veterinarium 63, 79 - 88

WALSH, D.S., J.A. VESELY u. S. MAHADEVAN, 1980

Relationships between milk-production and circulating hormones in dairy cows

J. Dairy Sci. 63, 290 - 294

WILLIAMSON, D.H., J. MELLANBY u. H.A. KREBS, 1962

3-Hydroxybutyratbestimmung

In: Bergmeyer, Methoden der enzymatischen Analyse,
3. Auflage (1974), Bd. 2, 1883 - 1886
Verlag Chemie, Weinheim/ Bergstraße

YALOW, R.S. u. S.A. BERSON, 1960

Immunoassay of endogenous plasma insulin in man

J. Clin. Invest. 39, 1157

Besonders gedankt sei Herrn Prof. Dr. D. Giesecke für die Überlassung des Themas, des Arbeitsplatzes und die stets gewährte, freundliche Unterstützung und die wissenschaftlichen Anregungen zum Gelingen dieser Arbeit.

Auch möchte ich Herrn Prof. Dr. H. Kräußlich für die zur Verfügung gestellten Tiere danken, Herrn Prof. Dr. J. Meyer für die Organisation der Probengewinnung und Herrn Heussler für die tatkräftige Unterstützung bei den Versuchen.

Ebenso danke ich Herrn Dr. Schick vom Staatl. Versuchsgut Achselschwang für die Bereitstellung der Tiere und Herrn Pfluger für die freundliche Hilfsbereitschaft.

Endlich möchte ich auch Frau Dr. U. Beck, Fräulein S. Hirmer und Fräulein S. Treschow für die hilfreiche Unterstützung bei der Durchführung und dem analytischen Teil dieser Arbeit danken.

LEBENSLAUF

Winfried Veitinger	geb. am 13. 2. 1955 in Ehingen/Do
Eltern	Dr. Harald Veitinger, Tierarzt Elisabeth Veitinger, geb. Unold
Familienstand	ledig
Schulausbildung	von 1961 - 1965 an der Volkschule in Ehingen 1965 - 1972 Gymnasium Ehingen 1972 - 1975 Aufbaugymnasium Marienhöhe in Darmstadt 4. 6. 1975 Reifeprüfung
Wehrdienst	1975 - 1976
Universitäts-ausbildung	1976 - 1981 Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität, München 1981 Staatsexamen und Approbation als Tierarzt seit November 1981 Doktorand bei Herrn Prof. Dr. D. Giesecke am Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie im Fachbereich Tiermedizin der Universität, München
gegenwärtige Tätigkeit	Seit 1.1. 1982 freier Mitarbeiter der Tierarztpraxis Dr. H. Veitinger in Ehingen/Do